

**EVALUACIÓN DE AEROSOLIS FUNGI EN AMBIENTES *INDOOR* DE  
BIBLIOTECAS PÚBLICAS DEL DISTRITO DE SANTA MARTA**

**HILARY SUE BORJA PEREZ  
MARYANN LADY MUÑOZ FUENTES**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
SANTA MARTA D.T.C.H.  
2012**

**EVALUACIÓN DE AEROSoles FUNGI EN AMBIENTES *INDOOR* DE  
BIBLIOTECAS PÚBLICAS DEL DISTRITO DE SANTA MARTA**

**HILARY SUE BORJA PEREZ**

**MARYANN LADY MUÑOZ FUENTES**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**Director  
Yiniva Camargo Caicedo  
Ingeniero Químico**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
SANTA MARTA D.T.C.H.  
2012**



## AGRADECIMIENTOS

A Dios porque siempre nos acompañó a lo largo de este camino, nos iluminó y nos dio la oportunidad de estudiar y realizarnos como profesional.

A nuestros padres por acompañarnos en este largo proceso y que con su apoyo constante nos motivaron a seguir adelante sin importar las dificultades.

A Yiniva Camargo Caicedo, Ingeniera Química, por su orientación, por hacer posible la realización del proyecto, y al grupo GIMSA.

A Leda Mendoza Sotomayor, que con su conocimiento, dedicación y entrega incondicional hizo posible gran parte de este proyecto.

A Andrés Vélez Pereira, por su asesoría en el diseño experimental y análisis estadístico de los resultados del trabajo de grado.

A Isaac Romero, por su apoyo logístico en el desarrollo del proyecto de investigación.

A Sandra Rocío Balaguera, por su apoyo, esfuerzo y dedicación constante.

A Antonio Álvarez Mancilla, por su apoyo y colaboración en campo

Al personal de las bibliotecas BANCO DE LA REPUBLICA, CAJAMAG Y GAIRA por permitir usar sus instalaciones como escenario para la ejecución de este proyecto de investigación.



TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
2.1. Identificación del problema	12
2.2. Justificación	15
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>18</b>
3.1. Microorganismos en el aire	18
3.2. Hongos en ambientes <i>indoor</i>	19
3.3. Hongos en bibliotecas	22
3.4. Condiciones ambientales en ambientes <i>indoor</i>	24
<b>4. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>30</b>
5.1. General	33
5.2. Específicos	33
<b>6. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>34</b>
6.1. Planificación del proyecto	34
6.2. Muestreo en la zona de estudio	34
6.2.1. Estaciones de Muestreo	34
6.2.2. Equipos	37
6.2.3. Toma de la Muestra	40
6.2.4. Codificación de las muestras	41
6.3. Cuantificación del material e identificación de microhongos	42
6.3.1. Cuantificación del Material	42
6.4. Determinación de la concentración	43
6.4.1. Determinación de la concentración por ensayo	43
6.4.2. Determinación de la concentración por etapa	43
6.4.3. Determinación de la Concentración Promedio	43
6.5. Identificación de géneros fúngicas	44
6.6. Procesamiento y análisis de los resultados	44
6.6.1. Tabulación de la información	44
<b>7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>46</b>
7.1. Cuantificación de concentración de aerosoles fungi en bibliotecas públicas	46



<b>7.2.</b>	<b>Identificación de grupos de aerosoles fungi en bibliotecas públicas</b>	<b>49</b>
<b>7.3.</b>	<b>Variaciones de las concentraciones de aerosoles fungi a partir de las condiciones ambientales en bibliotecas públicas</b>	<b>55</b>
<b>7.4.</b>	<b>CORRELACION DE UFC VS TEMPERATURA Y HUMEDAD</b>	<b>59</b>
7.4.1.	<i>Biblioteca CAJAMAG</i>	59
7.4.1.1.	Temperatura Vs Concentración	59
7.4.1.2.	Humedad Vs Concentración	60
7.4.1.3.	Correlación Multivariable (Concentración Vs Temperatura-Humedad)	61
7.4.2.	<i>Biblioteca GAIRA</i>	62
7.4.2.1.	Temperatura Vs Concentración	62
7.4.2.2.	Humedad Vs Concentración	63
7.4.2.3.	Correlación Multivariable (Concentración Vs Temperatura-Humedad)	64
7.4.3.	<i>Biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA</i>	64
7.4.3.1.	Temperatura Vs Concentración	64
7.4.3.2.	Humedad Vs Concentración	65
7.4.3.3.	Correlación Multivariable (Concentración Vs Temperatura-Humedad)	65
<b>8.</b>	<b>DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>66</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
	<b>Cuantificación de concentración de aerosoles fungi en bibliotecas públicas</b>	<b>79</b>
	<b>Identificación de grupos de aerosoles fungi en bibliotecas públicas</b>	<b>81</b>
	<b>Variaciones de las concentraciones de aerosoles fungi a partir de las condiciones ambientales en bibliotecas públicas</b>	<b>84</b>



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fuentes potenciales de bioaerosoles internos \_\_\_\_\_ 26

Figura 2 Calidad de ambientes interiores \_\_\_\_\_ 27

Figura 3 Colocación de cajas petri en el Impactador de Cascada. \_\_\_\_\_ 35

Figura 4 biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA. \_\_\_\_\_ 35

Figura 5 Biblioteca CAJAMAG. \_\_\_\_\_ 36

Figura 6 biblioteca de GAIRA. \_\_\_\_\_ 37

Figura 7 Impactador de Cascada Marca Tisch Environmental de 2 etapas. \_\_\_\_\_ 38

Figura 8 Etapas del impactador de Cascada. \_\_\_\_\_ 39

Figura 9 Distribución de los tamaños de las partículas según las etapas y su comparación con el sistema respiratorio humano \_\_\_\_\_ 39

Figura 10 HOBO U12 Temp / HR /Luz / Externa Data Logger \_\_\_\_\_ 40

Figura 11 Concentración en UFC/m<sup>3</sup> de aerosoles fungi en las bibliotecas \_\_\_\_\_ 46

Figura 12 Concentración de los géneros de aerosoles fungi más representativos identificados en la biblioteca CAJAMAG, UFC/m<sup>3</sup> \_\_\_\_\_ 50

Figura 13 Concentración de los géneros de aerosoles fungi más representativos identificados en la biblioteca GAIRA, UFC/m<sup>3</sup> \_\_\_\_\_ 51

Figura 14 Concentración de los géneros de aerosoles fungi más representativos identificados en la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA, UFC/m<sup>3</sup> \_\_\_\_\_ 52

Figura 15 Promedios de Temperatura biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 55

Figura 16 Promedios de Humedad relativa biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 56

Figura 17 Promedios de Temperatura biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 56

Figura 18 Promedios de Humedad relativa biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 57

Figura 19 Promedios de Temperatura biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA \_\_\_\_\_ 57

Figura 20 Promedios de Humedad relativa biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA \_\_\_\_\_ 58

Figura 21 Modelo ajustado de temperatura y concentración biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 59

Figura 22 Modelo ajustado de humedad y concentración biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 60

Figura 23 Modelo ajustado de temperatura y concentración biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 62

Figura 24 Modelo ajustado de humedad y concentración biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 63

Figura 25 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 1 biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA \_\_\_\_\_ 85

Figura 26 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 1 biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 85

Figura 27 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 1 biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 86

Figura 28 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 2 biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA \_\_\_\_\_ 86

Figura 29 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 2 biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 87

Figura 30 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 2 biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 87

Figura 31 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 3 biblioteca BANCO DE REPÚBLICA \_\_\_\_\_ 88

Figura 32 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 3 biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 88

Figura 33 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 3 biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 89

Figura 34 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 4 biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA \_\_\_\_\_ 89

Figura 35 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 4 biblioteca CAJAMAG \_\_\_\_\_ 90

Figura 36 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 4 biblioteca GAIRA \_\_\_\_\_ 90



## INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

---

<i>Figura 37 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 5 biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA</i>	_____	91
<i>Figura 38 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 5 biblioteca CAJAMAG</i>	_____	91
<i>Figura 39 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 5 biblioteca GAIRA</i>	_____	92



**LISTA DE TABLAS**

<i>Tabla 1 Fuentes amplificadoras de microorganismos</i>	28
<i>Tabla 2 Horarios de tomas de muestras en las dos (2) jornadas.</i>	41
<i>Tabla 3 Concentración en UFC/m<sup>3</sup> de aerosoles fungi en la biblioteca de CAJAMAG</i>	79
<i>Tabla 4 Concentración en UFC/m<sup>3</sup> de aerosoles fungi en la biblioteca GAIRA</i>	79
<i>Tabla 6 Concentración de los géneros de aerosoles fungi identificados en la biblioteca CAJAMAG, UFC/m<sup>3</sup></i>	81
<i>Tabla 7 Concentración de los géneros de aerosoles fungi identificados en la biblioteca GAIRA, UFC/m<sup>3</sup></i>	82
<i>Tabla 8 Concentración de los géneros de aerosoles fungi identificados en la biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA, UFC/m<sup>3</sup></i>	83
<i>Tabla 9 Máximos y Mínimos de temperatura y humedad por campaña biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA.</i>	84
<i>Tabla 10 Máximos y Mínimos de temperatura y humedad por campaña biblioteca CAJAMAG</i>	84
<i>Tabla 11 Máximos y Mínimos de temperatura y humedad por campaña biblioteca GAIRA</i>	84
<i>Tabla 12 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para CAJAMAG</i>	93
<i>Tabla 13 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para CAJAMAG</i>	93
<i>Tabla 14 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para GAIRA</i>	94
<i>Tabla 15 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para GAIRA</i>	94



## RESUMEN

La evaluación ambiental de hongos puede ser un parámetro para establecer la calidad del aire en ambientes *indoor*, por su relación con la contaminación de origen biológico y los consiguientes efectos adversos para la salud humana. Las esporas fúngicas se encuentran en oficinas, residencias, escuelas, hospitales y otros espacios en donde se favorezca la dispersión de estos organismos de un medio a otro. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad pueden propiciar el crecimiento de esporas fúngicas en ambientes *indoor*, como el de las bibliotecas, causando el biodeterioro de material bibliográfico y afecciones a la salud humana. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la presencia y comportamiento de los diversos grupos de aerosoles fungi en ambientes *indoor* de bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta, seleccionando sitios piloto para las mediciones como fueron las bibliotecas BANCO DE LA REPÚBLICA, CAJAMAG y GAIRA. La metodología de impactación de cascada se aplicó para coleccionar los aerosoles en cajas Petri que contienen agar Saboureaud al 4% en dextrosa. Las muestras fueron tomadas en dos (2) jornadas: mañana y tarde; en cada jornada se tomaron 4 muestras con original y replica para cada una de las 2 estaciones, utilizando 4 minutos como tiempo de toma de muestra en intervalos de 40 minutos con horarios pre-establecidos; simultáneamente con registro de condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa. En los resultados obtenidos la mayor concentración de aerosoles fungi por biblioteca se reportó en la Biblioteca GAIRA en la que la concentración máxima en la jornada de la mañana fue obtenida en la Campaña 3 en S2 ( $627,21 \text{ UFC/m}^3$ ), durante el intervalo de 9:00-9:08 horas; mientras que en la tarde se registró concentración máxima de  $1197,00 \text{ UFC/m}^3$  en la Campaña 3 en S2 durante el intervalo horario de 17:00-17:08. La mayor concentración de aerosoles fungi por género se reportó en la Biblioteca GAIRA en la jornada de la mañana fue  $693,46 \text{ UFC/m}^3$  para *Curvularia* y en la tarde  $1201,41 \text{ UFC/m}^3$  para *Aspergillus*. En general, de los catorce géneros que se coleccionaron la predominancia la reportan, *Aspergillus* sp, *Curvularia*, *Penicillium* y *Cladosporium* sp. En cuanto a los datos de Temperatura el máximo valor reportado fue de  $34.70^\circ\text{C}$  para la biblioteca GAIRA en la campaña cinco y el mínimo de  $22.30^\circ\text{C}$  para la biblioteca CAJAMAG en la misma campaña, los datos obtenidos para Humedad Relativa máxima fue de 87.80 % en la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA en la campaña cinco y el mínimo de 1.00% en la biblioteca de GAIRA campaña cuatro.

**PALABRAS CLAVE:** calidad de aire, papel, hongos, recintos cerrados



## ABSTRACT

Environmental assessment of fungi may be a parameter to measure the air quality in indoor environments, by its relation to biological contamination and consequent adverse effects on human health. Fungal spores are found in offices, homes, schools, hospitals and other places where the environment favors the dispersion of these organisms from one medium to another. The temperature and humidity conditions can promote the growth of fungal spores in indoor environments, such as libraries, causing biodeterioration of library materials and human health conditions. The aim of this study was to evaluate the presence and behavior of different groups of fungi aerosols in indoor environments of public libraries in the District of Santa Marta, selecting pilot sites where measurements were performed, as BANCO DE LA REPUBLICA, CAJAMAG and GAIRA libraries. The Cascade Impaction methodology was applied to collect aerosols in Petri dishes containing 4% agar Sabouraud dextrose. Samples were taken at two (2) shifts: morning and afternoon every day, samples were taken four original and copy for each one of the two stations, it took 4 minutes for sampling time intervals of 40 minutes with schedules programmed; simultaneously records of environmental conditions of temperature and relative humidity were taken. Results, highest aerosol Fungi concentration per library was reported in GAIRA Library which the maximum morning concentration was taken at the in Campaign 3 in S2 (627.21 UFC/m<sup>3</sup>) during the interval of 9:00 to 9:08 hours, while in the afternoon concentration was highest with 1197.00 UFC/m<sup>3</sup> in Campaign 3 in S2 during the interval of 17:00 to 17:08 hours. The highest concentration of aerosol fungi reported was found in GAIRA Library at the morning was 693.46 UFC/m<sup>3</sup> for *Curvularia* genus and at the evening was 1201.41 CFU / m<sup>3</sup> for *Aspergillus* genus. In general context, *Aspergillus* sp, *Curvularia*, *Penicillium* and *Cladosporium* sp. predominance from the fourteen genera collected. Maximum temperature data reported value was 34.70 °C for the GAIRA library in the campaign five and the minimum 22.30 °C for CAJAMAG library in the same campaign, the data obtained for maximum relative humidity was 87.80 % in BANCO DE LA REPUBLICA library in campaign five and the minimum was 1.00% in GAIRA library the campaign four.

**KEYWORDS:** air quality, paper, mushrooms indoors



## 1. INTRODUCCIÓN

Los hongos actúan como importantes bio-contaminantes en ambientes *indoor* principalmente los saprofiticos, que suplen sus necesidades metabólicas de materiales muertos, materia orgánica o sustratos como madera, papel, pintura, suelo, polvo, piel y alimentos, favoreciendo el crecimiento en estos ambientes (Borrego., *et al* 2010).

La presencia de hongos en el aire (o aerosoles fungi) en ambientes *indoor*, se relaciona con la alteración de la calidad de aire, la aparición de afecciones respiratorias y otros efectos adversos a la salud de los individuos expuestos, puesto que pasamos del 80 al 90% de nuestro tiempo en ambientes *indoor* (EPA, 2002).

En el caso particular de las bibliotecas, los aerosoles fungi suelen ser extremadamente peligrosos para una colección de libros, pues ésta almacena cantidades de sustratos en los papeles, encuadernación, pegamento, polvo y sistemas de acondicionamiento de aire. El papel constituye una fuente rica en carbohidratos para los fungi, que además son capaces de descomponer la celulosa en sustancias que provocan el deterioro de los libros; esta condición sumada a factores como la temperatura, humedad relativa, corrientes de aire, frecuencia de ventilación, número de personas presentes en la sala, y naturaleza y grado de las actividades que éstas desempeñan, determinan la calidad de aire *indoor* en las bibliotecas (Singh *et al.*, 1995; de Ana *et al.*, 2006; Lin y Li, 1996; Mullins, 2001).

Diversos estudios indican la presencia en bibliotecas de aerosoles fungi oportunistas como *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., y *Cladosporium* sp. demostrando ser responsables de alergias, rinitis, asma, conjuntivitis y dermatitis (Soto *et al.*, 2009); además del riesgo del personal que labora en las bibliotecas de contraer enfermedad ocupacional relacionada con la exposición al moho (pulmón de bibliotecario), que puede causar reacciones alérgicas y diversos efectos a la salud relacionados con los ojos, piel y pulmones (Falk, 2006).



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. Identificación del problema

Desde hace algunos años, el conocimiento de la contaminación microbiana en el aire interior de los locales es de gran interés por la importancia que tienen los microorganismos para la salud de las personas y en el deterioro de diferentes materiales (Borrego *et al.*, 2008). La calidad del aire en espacios cerrados, es uno de los factores más importantes en la calidad de vida de los individuos puesto que pasamos del 80 a 90% de nuestro tiempo en ambientes *indoor* (EPA, 2002). Este tiempo corresponde a horas laborales o dedicadas a actividades en el hogar, pero en el caso de los niños en edad escolar, éstos invierten el 20% de su tiempo en las escuelas expuestos a una gran cantidad de contaminantes que pueden influir en su salud (Clench-Aas *et al.*, 1999).

Hoy en día la preocupación social se ha extendido a todos los ambientes interiores, se admite que aquellos ambientes que no disponen de ventilación natural y que están cerrados, para conseguir un mayor rendimiento del sistema de aire acondicionado, pueden ser áreas de exposición a contaminantes. Entre ellos se encuentran oficinas, edificios públicos, escuelas y guarderías, edificios comerciales e, incluso, residencias particulares (Berenguer *et al.*, 2010; Chao *et al.*, 2002; García *et al.*, 2005).

En el ámbito de las condiciones de trabajo tiene cada vez mayor incidencia el aspecto relacionado con la calidad del aire en locales dedicados a oficinas y servicios generales, es decir, en los que no se realizan actividades de tipo industrial. La sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa y, al no ocasionar un exceso de bajas por enfermedad, se tiende a menudo a minimizar los efectos que, sin embargo, se traducen en una situación general de discomfort. En la práctica estos efectos son capaces de alterar tanto la salud física como la mental del trabajador, provocando un mayor estrés y con ello una disminución del rendimiento laboral (Berenguer *et al.* y Solé., 2010).

Si las condiciones del aire en ambientes *indoor* resultan poco adecuadas, se pueden presentar afectaciones a la salud humana, en forma directa o indirecta, siendo la humedad el factor principal que favorece el crecimiento microbiano, que se encuentra asociado con los efectos adversos a la salud de las personas que ocupan estos espacios (Bornehag *et al.*, 2001; Bornehag *et al.*, 2004).



En el caso particular de las bibliotecas, la calidad del ambiente *indoor* se encuentra determinada por factores como la temperatura, humedad relativa, corrientes de aire, frecuencia de ventilación, número de personas presentes en la sala, y la naturaleza y grado de las actividades que éstas desempeñan (Rivas *et al.*, 2005).

Los microorganismos pueden ser transportados por las partículas de polvo hacia el interior de edificios a través de los sistemas de ventilación y los visitantes. La colonización y el crecimiento sobre la superficie de los objetos que se encuentran en el interior de los edificios, también puede ser una importante fuente de contaminación del aire de los mismos. Sin embargo, al producirse un incremento de la temperatura y la humedad relativa, los microorganismos pueden tener efectos negativos sobre las colecciones, acelerándose el biodeterioro (Borrego *et al.*, 2010).

Los hongos se encuentran entre los más comunes organismos en la naturaleza, se plantean como responsables de los efectos adversos para la salud en los seres humanos, animales y plantas. Los hongos a diferencia de las bacterias, están considerados como los organismos de mayor importancia como agentes biodeteriorantes de la materia orgánica. (Fang *et al.*, 2005; Hidalgo 2004).

El deterioro biológico o “BIODETERIORO”, causado por microorganismos (bacterias y hongos) ocasiona cambios no deseados en las propiedades de los materiales. Los microorganismos afectan distintos sustratos orgánicos, naturales o sintéticos (celulosa, policarbonatos), metales y componentes de soportes ópticos y magnéticos (CD, VHS), cartón, rocas, fotografías, textiles, cuero, plásticos, etc. Utilizan el papel compuesto de fibras vegetales, aditivos funcionales (encolantes, carga, abrillantadores ópticos, agentes consolidantes) y tintas con aglutinantes orgánicos, como fuente nutricional (Guiamet *et al.*, 2011).

Otras propiedades importantes de los hongos están relacionadas con sus potencialidades patógenas, es decir, la capacidad que tienen muchas especies para provocar enfermedades a el hombre que está en contacto con ellos. En varias investigaciones realizadas en archivos y bibliotecas, se ha demostrado que estos agentes son la causa de muchas enfermedades profesionales y patologías situacionales (Borrego *et al.*, 2010).



Las esporas fúngicas constituyen un componente importante en ambientes *indoor* y *outdoor*, actuando como bio-contaminantes en espacios de trabajo donde los materiales orgánicos favorecen el crecimiento de hongos, éstos pueden ser extremadamente peligrosos para una colección de biblioteca, pues éstas almacenan cantidades de substratos en los papeles, la encuadernación, el pegamento, el polvo y los sistemas de acondicionamiento de aire (Singh *et al.*, 1995).

El papel es una fuente rica en carbohidratos para una gran cantidad de hongos, por lo que constituye una fuente de nutrientes para este tipo de microorganismos, que además son capaces de descomponer la celulosa produciendo sustancias que provocan el deterioro de los libros. Esta condición y valores inadecuados de humedad, temperatura, así como la suciedad y la poca ventilación constituyen los factores que favorecen el crecimiento y desarrollo de numerosas especies fúngicas (Hidalgo y Borrego, 2006).

Las personas que laboran en las bibliotecas o que visitan estos lugares para realizar consultas bibliográficas, establecen contacto con libros que se encuentran en estado de biodeterioro, situación que constituye riesgo para la salud humana por los posibles efectos adversos que puede provocar la inhalación o el contacto con aerosoles fungi.

Es así, como el presente proyecto plantea la generación de nuevo conocimiento en relación con esta temática a partir de la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los diversos grupos de aerosoles fungi existentes, su concentración, comportamiento y las variaciones que se registran en función de las condiciones ambientes *indoor* de las bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta?



## 2.2. Justificación

Factores como la temperatura, la humedad, la luz y la disponibilidad de nutrientes son determinantes para la supervivencia microbiana y la abundancia. Aunque las especies patógenas son escasas en el aire, algunos microorganismos viajan a través de él y se involucran en procesos causantes de la neumonía y otras enfermedades. Si las condiciones en ambientes *indoor* de bibliotecas favorecen el transporte de los aerosoles fungi, éstos se convierten en importantes agentes de enfermedades alérgicas.

En condiciones estándares la microbiota del aire puede coexistir con los objetos y colecciones de valor histórico y con las personas en un ecosistema específico sin causar grandes daños. Sin embargo, en la medida que se produce un cambio inadecuado en las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa altas), los microorganismos pueden tener efectos negativos, tanto desde el punto de vista del biodeterioro como desde el punto de vista patogénico; los problemas de biodeterioro alcanzan gran importancia económica y social cuando los sustratos colonizados pertenecen al patrimonio cultura (Borrego, 2011).

Los agentes biológicos tienen un serio impacto en los índices de calidad del aire interno de edificios, viviendas etc. Los principales factores biológicos que causan el problema son hongos, bacterias y virus, protozoarios, insectos etc. Según las características de construcción, ventilación y uso, el edificio puede permitir la acumulación y proliferación de microorganismos y sus metabolitos (por ejemplo: endotoxinas y micotoxinas) así como la acumulación de otros compuestos orgánicos y la circulación del aire exterior contaminado (Herrera, 2009; Martínez *et al.*, 2007).

El grado de contaminación presente en ambientes interiores es la causa de muchos de los múltiples problemas de variada naturaleza que pueden abarcar desde una simple fatiga o incomodidad, hasta síntomas compatibles con alergias, enfermedades respiratorias, infecciones y cáncer, entre otras. Existen instituciones como la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Agencia Federal de Salud e Higiene Ocupacional (OSHA) que tienen en su haber métodos estándares para el muestreo y monitoreo de factores de riesgo dentro de la industria que puedan afectar la salud de los operarios y empleados en general. Según EPA los niveles de contaminación en ambientes cerrados pueden llegar a ser de 10 a 100 veces más elevados que las concentraciones exteriores, lo cual aunado a las



condiciones operativas no adecuadas de sistemas de ventilación y recirculación de aire, refrigeración y/o calefacción, hacen prever un problema potencial de la calidad del aire dentro de dichos espacios (García *et al.*, 2011; Douwes *et al.*, 2003; Soto *et al.*, 2009; Prince, 2009).

Actualmente el estudio de la diversidad de las esporas fúngicas suspendidas en el aire de ambientes internos se ha extendido extraordinariamente debido al potencial de contaminación, alteración por diferentes procesos, que estas esporas puedan ser alergógenas y causar enfermedades de tipo respiratorias al ser inhaladas en bioaerosoles y polvo (Sanfeliu *et al.*, 2005).

La posibilidad de que una persona inhale esporas fúngicas, tanto en ambientes abiertos como cerrados, es elevada, las respuestas alérgicas a los hongos se relacionan de una manera más directa con las esporas fúngicas que con la presencia de restos miceliares u otras células fúngicas. Las respuestas a cada tipo de espора difieren según las personas y los alérgenos fúngicos que presentan gran variabilidad en la severidad de la respuesta alérgica que provocan (Bial, 2002).

De las especies de hongos presentes en ambientes *indoor* de bibliotecas, los oportunistas más frecuentes son *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp. han demostrado provocar alergias, rinitis, asma, conjuntivitis y dermatitis (Burge, 1985; Soto *et al.*, 2009). Diferentes especies de *Aspergillus* sp., así como diferentes miembros de la clase de *Zygomycetes* son reportados por causar graves infecciones en pacientes inmunocomprometidos (Ebel *et al.* 2006; Engelhart *et al.* 2007).

El *Aspergillus* spp., puede producir diversos síndromes clínicos que incluyen cuadros de hipersensibilidad, infección local o aspergilosis invasora. En los enfermos con tos, al igual que sucede con otros inmunodeprimidos, la aspergilosis invasora es la forma más frecuente pudiendo causar bronconeumonía hemorrágica, infección pulmonar con abscesos únicos o múltiples e invasión de las arterias pulmonares con producción de infarto distal o hemorragia (Montejo 2002).

En la mayoría de los seres humanos el *Aspergillus fumigatus* ocasiona una grave infección llamada aspergilosis pulmonar invasiva, que se produce en pacientes con inmunidad comprometida; estas enfermedades constituyen una causa



principal de fallecimiento en esta población de pacientes con una mortalidad entre el 30% a 40% (Coméra *et al.* 2006).

Muchas esporas fúngicas son alérgicas, con capacidad de producir respuestas alérgicas en individuos susceptibles. Un pequeño grupo de hongos son patógenos y algunos producen micotoxinas, que pueden estar presentes dentro de las esporas y pueden ser inhalados con ellas. De esta manera, las bibliotecas, como un ambiente interno, son lugares aptos para el desarrollo y mantenimiento de estos microorganismos que pueden causar daño sobre los libros y las personas que trabajan y usan la misma (Bueno *et al.*, 2003).

Las personas que laboran en las bibliotecas enfrentan el riesgo a contraer una peligrosa enfermedad ocupacional relacionada con la exposición al moho y que se denomina Pulmón de Bibliotecario o Pulmón de Archivista que puede causar reacciones alérgicas y diversos efectos a la salud relacionados con los ojos, piel y pulmones (Falk, 2006).

La evaluación de aerosoles fungi en bibliotecas puede ser utilizado como un parámetro de la calidad del aire en ambientes *indoor*, que permita el establecimiento de políticas específicas incluidas en los lineamientos de Salud Ambiental con énfasis en el componente Calidad de Aire (CONPES 3550), que garantice la protección de las personas que realizan consultas bibliográficas, de los trabajadores y del material que se encuentra disponibles en estos espacios.



### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Microorganismos en el aire

Los microorganismos son y siempre han sido un factor importante para la salud humana. La vida se inició en forma de microorganismos y estos han desarrollado una extraordinaria capacidad de supervivencia que les ha permitido colonizar prácticamente cualquier espacio natural de la tierra y por supuesto también los hábitats artificiales creados por el ser humano para cobijarse (Pastor, 2010).

La atmósfera no tiene una microbiota autóctona, pero es un medio para la dispersión rápida y global de muchos tipos de microorganismos. Además existe una importante transferencia de ellos y de sus metabolitos gaseosos entre la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera. Aunque la atmósfera es un ambiente hostil para los microorganismos, en la troposfera inferior se encuentran un gran número de ellos (De la Rosa *et al.* 2002).

Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión, algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y su dispersión en la atmósfera (Herrera 2009).

La colección de partículas biológicas en el aire es llamada bioaerosol, los bioaerosoles son partículas de tamaño microscópico suspendidas en el aire, bien de origen biológico o que puedan afectar a los seres humanos causándoles algún tipo de alergia, toxicidad o infección. Estos pueden estar constituidos por virus, bacterias, esporas, polen y en general cualquier resto de microorganismos con un diámetro aerodinámico comprendido entre 0.5 y 100  $\mu\text{m}$ . Dentro del amplio intervalo de tamaños, los bioaerosoles de mayor importancia, desde un punto de vista sanitario, son los que tienen un tamaño inferior a 5  $\mu\text{m}$ , ya que por su tamaño tan pequeño pueden ser inhalados y alcanzar fácilmente los alvéolos pulmonares, donde pueden depositarse y causar infecciones o reacciones alérgicas (Sánchez *et al.*, 2006).

Los microorganismos dispersos en el aire tienen una considerable importancia biológica y económica, numerosas enfermedades de plantas son causadas por hongos y algunas por virus y bacterias que se transmiten por el aire, produciendo



graves pérdidas en las cosechas. Varias enfermedades del hombre y los animales, víricas, bacterianas y fúngicas se transmiten por la atmósfera y a menudo se producen brotes epidémicos; los microorganismos presentes en el aire también pueden contaminar los alimentos y materiales orgánicos (cuero, textiles, papel) produciendo su alteración. Además, los microorganismos por su metabolismo o transformando la materia orgánica, son la fuente principal de los gases producidos biológicamente en la atmósfera: amoníaco, óxido nítrico, óxido nitroso, sulfhídrico y anhídrido carbónico. Aunque las cantidades emitidas son insignificantes con respecto a las emitidas por el hombre o la industria, pueden contribuir a producir deterioros en algunos ambientes y materiales, como pinturas y el mal de la piedra de los monumentos o corrosión de metales (Herrera, 2008).

El número de microorganismos es mayor en las zonas pobladas y después en el mar, cerca de las costas. En las zonas desérticas no hay más que lo que aportan los vientos de las zonas habitables próximas y en los casquetes polares no hay nada. En las zonas con clima seco, el aire contiene numerosos microorganismos y el número desciende después de la lluvia debido a que ésta los arrastra por lavado del aire (Niño, 2011).

Un asunto digno de atención es la presencia de microorganismos en el aire interior, lo que puede causar problemas de carácter infeccioso y alérgico. No debe olvidarse que los microorganismos son un componente normal y esencial de los ecosistemas. Por ejemplo, en el suelo y en la atmósfera suelen hallarse diversos hongos y bacterias saprófitos que se nutren de materia orgánica muerta del medio ambiente, los cuales se han detectado también en el medio ambiente de interiores. Los problemas de contaminación biológica en interiores han sido objeto de interés en los últimos años (Guardino, 2011).

### **3.2. Hongos en ambientes *indoor***

La exposición a agentes biológicos en los ambientes interiores es un problema emergente, debido a su frecuente implicación como uno de los cofactores que pueden explicar el aumento constante de las enfermedades respiratorias, asmáticas y alergias, en grupos de población especialmente vulnerables. Por esta razón, en las políticas de investigación de Organismos Sanitarios de prestigio como la OMS, una de las líneas prioritarias son los estudios centrados en la



relación entre la exposición a contaminantes biológicos y el desarrollo o la aparición de alergias o problemas respiratorios (Morales *et al.*, 2010).

El ser humano vive en un medio en el que abundan sustancias capaces de producir reacciones inmunológicas. El contacto con un antígeno produce no sólo incremento de una reacción inmunitaria como mecanismo defensivo, sino también reacciones que pueden ser nocivas para los tejidos (Gómez *et al.*, 2005).

El término ambiente *indoor* usualmente aplica al aire de ambientes interiores no industriales, como colegios, hospitales, oficinas, restaurantes, casas y sitios similares parcialmente cerrados. En estos espacios el aire se convierte en un importante vehículo para la diseminación de agentes infecciosos y componentes alérgicos que pueden generar efectos adversos a la salud de los seres humanos. (Clark, Macher *et al.*, 2011).

Las esporas fúngicas de ambientes *outdoor* constituyen fuentes frecuentes de contaminación *indoor* por hongos, convirtiendo estos espacios en lugares propicios para el crecimiento de aerosoles fungi, si se acompaña con factores ambientales como el modo de ventilación, la densidad de ocupación, la calefacción y la humedad (Burge, 1990). Así, en condiciones de alta humedad, las esporas pueden germinar y el hongo puede crecer produciendo miles de nuevas esporas que utilizan la materia orgánica de estos ambientes *indoor* (Yang y Johanning, 2002).

En lo que se refiere al ambiente *indoor*, la cantidad y el tipo de esporas encontradas dependerán de la entrada de aire exterior, así como la presencia de condiciones favorables para la colonización y liberación de esporas a nivel interno. Se ha encontrado que el tipo de esporas halladas en el interior será similar a las que predominen en el exterior, con el condicionante que se encontrarán en menor concentración. Sin embargo, el tipo y concentración de esporas dependerá de factores como, humedad relativa, temperatura, localización geográfica y la cercanía de posibles fuentes de contaminación fúngica. Los géneros fúngicos predominantes en el ambiente interior serán pertenecientes a los mistospóricos, entre los que se encuentran, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*, los cuales son considerados como agentes biodeteriorantes (Solís, 2011).



Visualmente todos los hogares y edificios tienen la mayor cantidad de sustratos potenciales, igualmente material estructural como madera y productos de madera, como acabado interior.

Algunos hongos pueden utilizar el agua que ha sido adsorbida por el aire por materiales higroscópicos (escamas de piel), otros requieren aguas limpias como aquellas que provienen de lagos e inundaciones o por la condensación que ocurre cuando la humedad es consistentemente alta, como ocurre en los edificios o en las superficies de los techos y paredes que se encuentran pobremente aislados. Solo pocos hongos pueden crecer en agua permanente, la mayoría se encuentran inhibidos por la falta de oxígeno en este medio (Clark, Macher *et al.*, 2011).

En ambiente intramuros, o espacios cerrados, pueden afectar la salud de los ocupantes de un edificio en tres formas distintas: alergias, hipersensibilidad y los efectos del edificio enfermo que normalmente se reconocen como malestar, sensaciones de frío o calor entre otros (Herrera, 2009).

En el ámbito de las condiciones de trabajo tiene cada vez mayor incidencia el aspecto relacionado con la calidad del aire en locales dedicados a oficinas y servicios generales, es decir, en los que no se realizan actividades de tipo industrial. La sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa y, al no ocasionar un exceso de bajas por enfermedad, se tiende a menudo a minimizar los efectos que, sin embargo, se traducen en una situación general de molestias. En la práctica estos efectos son capaces de alterar tanto la salud física como la mental del trabajador, provocando un mayor estrés y con ello una disminución del rendimiento laboral. Para describir estas situaciones, cuando los síntomas llegan a afectar a más del 20% de los ocupantes de un edificio, se habla del "Síndrome del Edificio Enfermo" (Berenguer y Martí, 2010).

El término síndrome del edificio enfermo es usado para describir síntomas no específicos (comúnmente dolor de cabeza, fatiga, irritación en los ojos, irritación de garganta y molestias en el olfato) cuando esto sucede en un gran número de ocupantes del edificio que ha sido renovado recientemente o nuevos, típicamente los síntomas se vuelven peores de acuerdo al tiempo que permanezca en el edificio y se resuelve cuando se van, lo cual hace difícil generar un diagnóstico a menos que se haga en el sitio. Aunque los bioaerosoles no han sido asociados con el síndrome del edificio enfermo, contaminación microbiológica y volatilidad



microbial por productos, deben provocar o contribuir en algunos síntomas. (Clark, Macher *et al.*, 2011).

En la actualidad se admite que aquellos ambientes que no disponen de ventilación natural y que están cerrados, para conseguir un mayor rendimiento del sistema de aire acondicionado, pueden ser áreas de exposición a contaminantes. No se conoce con exactitud la magnitud de los daños que pueden representar para la salud, ya que los niveles de contaminantes que se han determinado, principalmente en estudios realizados en oficinas y en residencias particulares, suelen estar muy por debajo de los respectivos límites permisibles de exposición para ambientes industriales. (Berenguer y Martí, 2010).

### **3.3. Hongos en bibliotecas**

En los ambientes exteriores e interiores se encuentra un gran número de partículas de diferente origen, forma y tamaño suspendidas en el aire, ellas constituyen el aerosol atmosférico. Se pueden clasificar de diferentes formas, teniendo en cuenta el origen (biológico, orgánico, inorgánico), la localización (marina, continental, rural, industrial, urbana) y el efecto que pueden causar sobre las superficies en que se depositan (químico, tóxico, patogénico, degradativo). Entre las partículas de origen biológico se encuentran bacterias, esporas fúngicas, algas, virus, protozoos, granos de polen, etc. (Borrego *et al.*, 2010).

Los hongos están presentes en casi todas partes, en un ambiente interior, cientos de diferentes clases de hongos pueden crecer en cualquier sitio donde haya humedad y un sustrato orgánico (fuente de alimento). Los hongos pueden crecer sobre la superficie de los edificios u otros materiales, incluyendo: el papel de los paneles de yeso; paneles de techo; productos de madera; pinturas; empapelados; alfombras; ciertos muebles; libros o papeles; ropa; u otros materiales (DOHMH, 2008).

Los hongos se caracterizan por su ubicuidad y abundancia, jugando un papel importante en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de la cual consiguen energía. Las hifas a través de sus paredes secretan enzimas que descomponen proteínas, carbohidratos y ácidos grasos, causando la desintegración de la materia que utiliza, este proceso se conoce como biodeterioro que en centros de documentación puede conducir a la pérdida parcial o total de información. La degradación del papel involucra la descomposición de tintas



orgánicas y aditivos (encolantes, abrillantadores ópticos), apresto (almidón o proteína) y revestimientos, además de las fibras de celulosa (Giraldo *et al.*, 2009).

Según las características de construcción, ventilación y uso, el edificio puede permitir la acumulación y proliferación de microorganismos y sus metabolitos, por ejemplo: endotoxinas y micotoxinas; como también la acumulación de otros compuestos orgánicos y la circulación del aire exterior contaminado (Caballero, 2007).

El crecimiento de hongos en los sistemas de ventilación puede contaminar los ambientes interiores y causar diversos problemas, algunos hongos pueden causar infecciones pulmonares y en gran cantidad pueden causar reacciones alérgicas en personas susceptibles e irritación respiratoria en personas que no son alérgicas. La inhalación de esporas por personas altamente susceptibles puede llevar a consecuencias fatales (Valdez, 2008).

El conocimiento de los microclimas en estanterías de bibliotecas y la viabilidad de las esporas del aire, constituyen dos elementos esenciales en la evaluación del riesgo de infecciones a las personas que se encuentran expuestas a los libros. Las concentraciones de esporas fúngicas van a estar influenciadas por parámetros ambientales como la temperatura, humedad, corrientes de aire, precipitaciones y factores como la limpieza, edad y condiciones del establecimiento (Mediana *et al.*, 1999). Es así, como el control de la carga microbiana se convierte en factor importante para definir la calidad ambiental que rodea a las personas que se encuentran expuestas a ambientes *indoor* durante el desarrollo de sus actividades diarias.

Por su tamaño pequeño (aproximadamente de 1 a 100 ppm), algunas de estas partículas aerobiológicas pueden quedar suspendidas en el aire por largos períodos de tiempo de esta forma, los lugares donde se almacenan documentos tales como archivos y bibliotecas, por ser ambientes cerrados, son lugares apropiados para el desarrollo y mantenimiento de microorganismos que pueden causar daños sobre los documentos y sobre las personas que los usan y trabajan con éstos (Tolosa *et al.*, 2011).

Es posible establecer que muchas esporas fúngicas tienen la capacidad de producir respuestas alérgicas en individuos susceptibles; un pequeño grupo fungi son patógenos y algunos producen micotoxinas, que pueden estar presentes



dentro de las esporas y pueden ser inhalados con ellas (Fernández y Vaamonde, 1996; Albright, 2001). La literatura revela que ciertos hongos son asociados con enfermedades en los seres humanos, incluyendo aleukia tóxica alimentaria (*Fusarium*), y la enfermedad del hígado (*Aspergillus*), al que puede estar expuesto el personal que labora e ingresa a las bibliotecas a realizar consultas bibliográficas.

La mayoría de los hongos presentes en ambientes *indoor* son saprofiticos, porque obtienen su energía a partir de materia orgánica muerta o sustratos como madera, papel, pintura, suelo, polvo, piel y alimentos (Albright, 2001), como es el caso de la mayoría de los hongos y muchas bacterias y protozoos, se encuentran en reservorios ambientales, generalmente materia vegetal muerta en el exterior de edificios, se amplifican y diseminan a partir de estos reservorios, pero a veces también lo hacen a partir de sustratos situados en el interior de edificios. Tal es, por ejemplo, el caso de *Aspergillus flavus*, un hongo saprófito que normalmente se encuentra en el ambiente exterior, creciendo sobre restos vegetales agrícolas muertos, pero que también puede amplificarse en sustratos interiores (alfombras mojadas, paredes, etc.), y diseminarse por el aire cuando tales sustratos son movidos (Martí *et al.*, 2003).

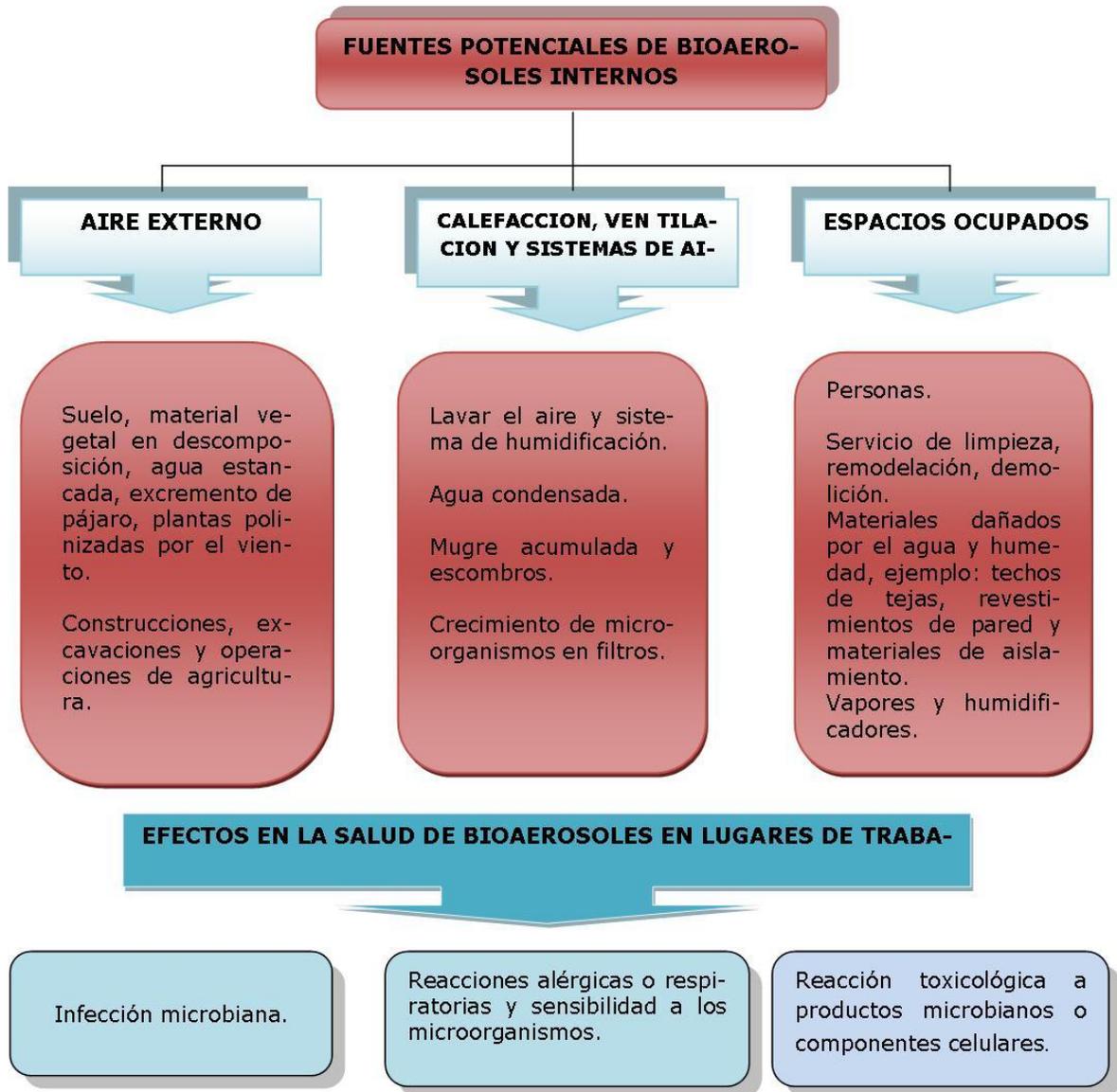
En este sentido, las bibliotecas como un ambiente *indoor*, constituyen lugares aptos para el desarrollo y mantenimiento de estos microorganismos que pueden causar deterioro en los libros y afecciones a la salud de las personas que trabajan en estos lugares y a las que consultan el material bibliográfico disponible en las bibliotecas.

#### **3.4. Condiciones ambientales en ambientes *indoor***

La calidad ambiental en edificios es perturbada de forma constante por la interacción de agentes físicos (la temperatura, el viento, la radiación solar, ruidos, etc.), químicos (sustancias y/o compuestos orgánicos e inorgánicos) y biológicos, produciendo diversos efectos y consecuencias sobre las personas, el medio físico-natural y los edificios (Figura 2). Así mismo, los elevados índices de contaminación ambiental son una amenaza constante que deteriora el medio ambiente hasta convertirlo en no apto para el desarrollo de ciertas actividades y peligroso para la vida de las personas y otros seres vivos (Martínez *et al.*, 2006).



Se considera que un ambiente *indoor* sufre una contaminación biológica si contiene bioaerosoles que pueden causar enfermedad, o efectos adversos para la salud como hipersensibilidad, irritación, inflamación, etc. de las personas que se hallen en ese ambiente (Figura 1). Los bioaerosoles son pequeñas partículas transmitidas por el aire que contienen en su interior contaminante biológicos: seres vivos o productos derivados de ellos. La inhalación, ingestión o el simple contacto con la piel permite a los microorganismos transmitidos por bioaerosoles entrar en contacto con los seres humanos y producir diversas enfermedades (Ortiz y Vicente, 2007).



**Figura 1 Fuentes potenciales de bioaerosoles internos**

Fuente: Adaptado de (Clark, Macher *et al.*, 2011)

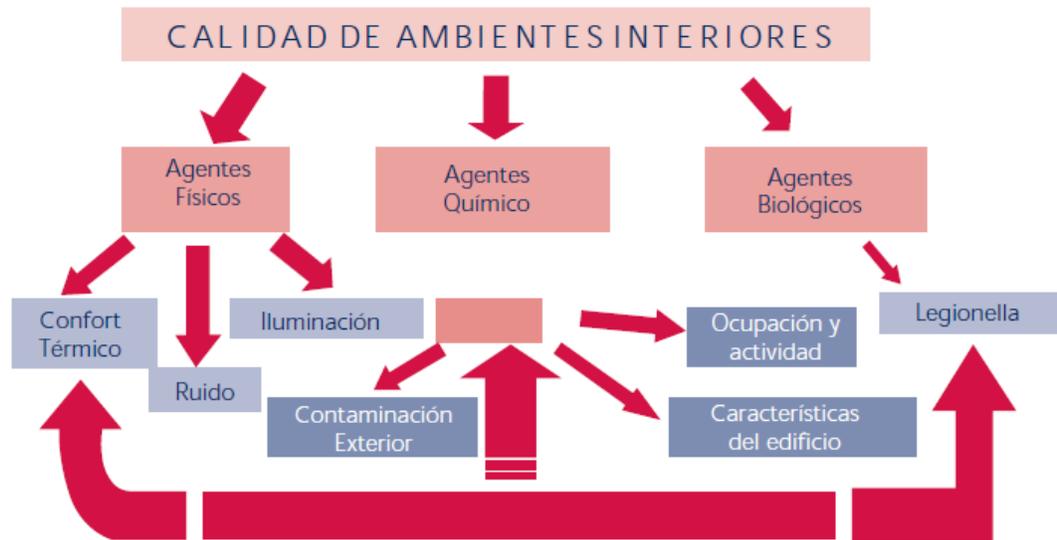


Figura 2 Calidad de ambientes interiores

Fuente: Martínez (2006)

La humedad y la temperatura son los factores esenciales para la viabilidad de los microorganismos presentes en suspensión dentro de la atmosfera. Para cada microorganismo se tiene una temperatura y humedad relativa optima de crecimiento y desarrollo de los mismos por lo cual los valores pueden variar en dependencia de la clasificación de los microorganismos y sus características intrínsecas (Herrera 2009; Soto *et al.*, 2009).

Las condiciones climatológicas de países tropicales, especialmente alta humedad y temperatura, son idóneas para el desarrollo de una gran variedad de microorganismos específicamente de hongos. El desarrollo del hongo está influenciado por supuesto por factores físicos tales como temperatura, humedad y luz, pero lo primero que determina si un hongo crece es la cantidad de agua disponible que existe para ese hongo (Herrera, 2008).

La supervivencia, reproducción y dispersión en el aire de hongos y otros contaminantes biológicos, dependen, en gran medida, de las condiciones del entorno en que se encuentran. Factores tales como la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire, la luz y las fuentes de alimento, principalmente, van a determinar el grado en que los microorganismos se encontrarán en el ambiente (Pastor 2010). En general, las temperaturas bajas inhiben el crecimiento de muchos microorganismos; no obstante, algunos de ellos (por ejemplo, mohos y



levaduras) se desarrollan bien en ambientes fríos. Otras especies microbianas (por ejemplo, *Aspergillus* sp., *Legionella pneumophila*, *Thermoactinomyces vulgaris*), alcanzan su desarrollo óptimo a temperaturas elevadas. Los ambientes muy húmedos favorecen el desarrollo de los hongos, de las bacterias y de los ácaros del polvo doméstico (Hernández, 2009).

La humedad relativa (H.R) del aire interior tiene significación en el campo de la contaminación fúngica ambiental, ya que incide en el nivel de esporas, en su diámetro aerodinámico así como en la deposición respiratoria de las mismas. La humedad elevada y la temperatura en rangos de 20 a 26 °C son los factores esenciales para la germinación de las esporas de los hongos siempre presentes en suspensión dentro de la atmosfera (Herrera, 2008).

Tabla 1 Fuentes amplificadoras de microorganismos

Fuentes amplificadoras de microorganismos	
Fuente	Microorganismo
Materiales aislantes Pintura de la pared Papel de pared	Hongos
Alfombras	Bacterias Hongos
Sistemas de agua caliente	Algas Hongos
Seres humanos	Bacterias
Sistemas de aire acondicionado	Bacterias Endotoxinas Hongos Amebas
Humidificadores	<i>Legionella spp.</i> Hongos

Fuente: Adaptado de Ortiz y Vicente (2007)

Los ambientes muy húmedos favorecen el desarrollo de los hongos, bacterias y ácaros del polvo doméstico (Tabla 1). El movimiento del aire contribuye al transporte, mantenimiento y paso al aire de los contaminantes biológicos procedentes del exterior o contenidos en un reservorio del interior. El grado y tipo



de luz también pueden favorecer o inhibir el desarrollo de los microorganismos. Por ejemplo, la luz ultravioleta inhibe dicho crecimiento y la ausencia de luz impide la formación de esporas de algunos hongos (*Alternaria* sp.). Los organismos vivos precisan de nutrientes para su supervivencia y desarrollo; éstos son muy variados pero resumiendo, se podría decir que el agua y la materia orgánica son los dos recursos principales de que se sirven estos organismos para vivir. Por lo tanto, todos aquellos materiales y estructuras en las que se reúnan esas dos condiciones pueden ser considerados como substratos colonizables por los microorganismos (Hernández, 2009; Niño, 2011).



#### 4. ESTADO DEL ARTE

Estudios realizados en varios países han identificado unas 200 especies microbianas, entre hongos y bacterias, que pueden causar la degradación de los materiales de la biblioteca (papel, pergamino, cuero, adhesivos, etc.); considerando un número de estas especies, los que conforman la aeromicroflora de bibliotecas y archivos (Gallo, 1993).

El estudio de esporas fúngicas en el aire de la Biblioteca Central de la Universidad de Gorakhpur (India) realizado por Tripathi, 1987 indicó la presencia de 19 tipos diferentes de esporas de hongos. Entre éstos *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* spp., y *Periconia* sp., que fueron más de 80.5%, seguido por los géneros *Absidia*, *Alternaria*, *Chaetomium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichophyton* y *Cercospora*. Las esporas de hongos presentaron tendencias temporales durante el período de estudio, de manera que las concentraciones aumentaban gradualmente desde julio hasta septiembre, alcanzando valores máximos en septiembre y octubre, que posteriormente disminuyeron.

Singh *et al.* 1995 realizaron un estudio de las esporas de hongos en diferentes bibliotecas en Delhi (India), donde identificaron la mayor contribución de hongos en el aire representada por *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium chrysogenum* y *P. nigricans*, con ocurrencia estacional correspondiente a su presencia en el ambiente extramuros, excepto *Aspergillus* sp., *Drechslera* sp., *Curvularia* sp., *Penicillium* sp., y *Aspergillus flavus* reportan una concentración significativamente alta en el interior de la biblioteca, con un incremento significativo en la concentración después de la agitación de libros.

Hartung y Rodríguez (1996) en los estudios realizados con el objeto de identificar por géneros y especie los elementos fúngicos presentes en el ambiente indoor en dos bibliotecas en Venezuela, registró un total de 292 UFC/m<sup>3</sup>, de las que 219 UFC/m<sup>3</sup> eran de la biblioteca de Caracas, pertenecientes a los géneros *Cladosporium* sp. (93 UFC/m<sup>3</sup>), *Aspergillus* sp. (79 UFC/m<sup>3</sup>) y *Penicillium* sp. (27 UFC/m<sup>3</sup>) con una humedad relativa que oscilaba entre 50-55 %, y la temperatura entre 19-20°C; mientras que en Maracay se encontraron un total de 65 UFC/m<sup>3</sup> pertenecientes a los géneros *Aspergillus* sp. (27 UFC/m<sup>3</sup>), *Penicillium* sp. (12



UFC/m<sup>3</sup>) y *Cladosporium* sp. (4 UFC/m<sup>3</sup>), y la humedad relativa oscilaba entre 49-53 % y la temperatura entre 22-26°C.

Rodríguez de Kopp *et al.*, 1998 realizaron un estudio en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe (Argentina), en donde se analizó la flora fúngica ambiental de la biblioteca, a fin de evaluar los posibles riesgos tanto para la salud de los asistentes como por el probable deterioro de las colecciones existentes. El salón de publicaciones periódicas presentó una carga fúngica máxima de 290 UFC/m<sup>3</sup> y el archivo de 360 UFC/m<sup>3</sup>. Los géneros fúngicos aislados fueron: *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Humicola* sp., y *Acremonium* sp. Se destaca que alguno de los mohos aislados como *Trichoderma viride* y *Humicola* sp., poseen una alta capacidad celulolítica deteriorante y otros *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Acremonium* sp., y *Alternaria* sp., son agentes de reconocida participación en procesos clínicos patógenos y en afecciones alérgicas.

En el estudio de Medina *et al.*, 1999 realizado en ambientes de las bibliotecas de la Universidad de Carabobo se realizó una investigación relacionada con la presencia de hongos, y su crecimiento a partir de las condiciones de humedad relativa y temperatura. La metodología utilizada para detectar las esporas, fue la sedimentación en cajas petri con agar Sabouraud, para obtener una estimación cualitativa de la presencia de hongos en los ambientes y el raspado de libros. En los resultados obtenidos se encontraron 13674 UFC, de los que 10113 corresponden al muestreo ambiental y 3561 al raspado de libros; se identificaron 15 géneros además de levaduras y micelios sin esporular, de los que se encontraron con mayor frecuencia *Geotrichum* sp., *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Circinella* sp., y Zigomicetes tanto en ambiente como en los libros. Las medias obtenidas para la temperatura y la humedad relativa fueron 26.6°C y 57.06% respectivamente. Los rangos de temperatura y humedad relativa donde se obtuvo mayor crecimiento fueron 25.2-29.6°C y de 48.2-63.1%.

Bueno *et al.*, 2003 efectuaron un año de estudio en una biblioteca científica situada en un centro de investigación en Tucumán (Argentina); se identificaron 33 géneros, además de las levaduras y de los hongos clasificados como *Mycelia sterilia* y Basidiomycetes. Los géneros que presentaron la mayor frecuencia fueron *Cladosporium* sp. (30.1%), *Fusarium* sp. (8.6%), *Alternaria* sp. (8.4%), *Acremonium* sp. (6.4%), *Aspergillus* sp. (5.5%), siendo reportada la máxima cantidad de esporas fúngicas en el mes de octubre y la mínima en julio.



La presencia de alérgenos en el polvo y el ambiente de las colecciones de cuatro bibliotecas de Bogotá, D. C., y su implicación en la salud de sus trabajadores, fue evaluada por Gómez *et al.*, 2005. Los hongos que reportaron con mayor frecuencia en el ambiente *indoor* fueron *Cladosporium* sp. en 83.3% en la biblioteca de la Fundación Santa Fe, en 78.3% en la Pontificia Universidad Javeriana, en el Archivo General de la Nación en 53.1% y en la Biblioteca Eclesiástica, 46.7%. El segundo más frecuente fue *Penicillium* sp., que se presentó en 100% en la Biblioteca Eclesiástica; 32.6% en la Pontificia Universidad Javeriana; 25% en el Archivo General de la Nación, y 16.7% en la Fundación Santa Fe. *Aspergillus* sp., se reportó en el Archivo General de la Nación en 3.1%; esta fue la única biblioteca en donde se aisló este tipo de hongo. También encontraron, en 17.3% del total, algunas estructuras micóticas indeterminadas que corresponden a hifas estériles.

Stryjakowska-Sekulska *et al.*, 2007 realizaron un estudio de la contaminación microbiológica en ambiente *indoor* en diferentes espacios de la Universidad de Poznań (Polonia). La concentración promedio de hongos en la biblioteca durante las horas de la mañana oscila entre  $2.6 \times 10^2 - 1.3 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup> y en la tarde los valores reportados se encuentran entre  $2.6 \times 10^2 - 3.0 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup>. La caracterización de hongos encontrados en el aire refleja la contribución dominante de las especies *Cladosporium* spp. (e.g. *Cladosporium herbarum*), *Penicillium* spp. (e.g. *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium viridicatum* y *Penicillium expansum*), *Aspergillus* spp. (e.g. *Aspergillus niger* y *Aspergillus flavus*).

Apetrei *et al.*, 2009 efectuaron un estudio en la biblioteca de la Universidad Gheorghe Asachi-Iasi (Rumania), en el que más de 296 colonias fúngicas fueron identificadas, enumeradas y reportadas. Las esporas de aerosoles fungi indoor con predominancia corresponden a *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., y *Chaetomium* spp., que encuentra que el papel de los libros y los muebles de madera, son substratos adecuados para la degradación celulosa de los fungi.

Soto *et al.*, 2009 realizaron un análisis microbiológico del aire en zonas de la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia (España) determinando niveles y tipos de microorganismos en suspensión. En las áreas evaluadas se incluyó la biblioteca que reportó valores promedio entre 110-135 UFC/m<sup>3</sup>, siendo las especies de hongos identificadas *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., y *Aspergillus* sp.



## 5. OBJETIVOS

### 5.1. General

Caracterizar y determinar la dinámica de los aerosoles fungi presentes en los ambientes *indoor* de bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta.

### 5.2. Específicos

- 5.2.1. Cuantificar la concentración de aerosoles fungi presentes en ambientes *indoor* de bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta.
- 5.2.2. Identificar los géneros de hongos formadores de aerosoles presentes en ambientes *indoor* de bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta.
- 5.2.3. Establecer una correlación entre las variaciones registradas en aerosoles fungi con las condiciones ambientales *indoor* en las bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta.



## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

### 6.1. Planificación del proyecto

Para el desarrollo exitoso de la propuesta resultó necesario incluir actividades preliminares que sirvieran de soporte para el desarrollo del proyecto, tales como la compra de insumos en general, el diseño del protocolo de muestreo y procesamiento, y el desarrollo de un taller de preparación para el equipo de trabajo durante la fase experimental.

### 6.2. Muestreo en la zona de estudio

#### 6.2.1. Estaciones de Muestreo

En el Distrito de Santa Marta existen tres bibliotecas públicas que cuentan con diferentes tipos de ventilación: la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA (Figura 4) cuenta con un sistema de ventilación integral; La biblioteca CAJAMAG (Figura 5) posee un sistema de aires acondicionados minisplit; y la biblioteca GAIRA (Figura 6) cuenta con ventiladores de techo y ventilación natural por dos ventanales y la puerta de entrada.

Fueron ubicadas seis estaciones de monitoreo, dos en cada una de las bibliotecas, las cuales se ubicaron en la zona de estantes de libros. Las estaciones fueron seleccionadas teniendo en cuenta el espacio a monitorear y se pretendió tomar la mayor área posible. En la (Figura 3) se puede observar la colocación de cajas petri en el Impactador de Cascada.



**Figura 3 Colocación de cajas petri en el Impactador de Cascada.**

Las Bibliotecas monitoreadas presentan las siguientes condiciones:



**Figura 4 biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA.**

### Biblioteca Banco de la Republica

Se encuentra ubicada en el centro de la ciudad frente al Camellón y diagonal a la Sociedad Portuaria de Santa Marta, el monitoreo se realizó en el tercer piso del edificio que es donde funciona la biblioteca.



**Figura 5 Biblioteca CAJAMAG.**



**Figura 6 biblioteca de GAIRA.**

Esta se encuentra ubicada frente al Centro de Atención Inmediata, CAI, de la Policía de la población de GAIRA, y cuenta solo con una planta, donde se realizó en monitoreo.

### *6.2.2. Equipos*

Para la recolección de las muestras en campo se empleó un impactador de cascada marca Tisch Environmental de dos etapas (Figura 7 y Figura 8); este equipo está diseñado para simular el aparato respiratorio humano y cuenta con 2 platos o etapas (etapa 1 y 6) las que permiten coleccionar las partículas que son sedimentables en la etapa 1 y las respirables en la etapa 6 (Figura 9).



**Figura 7 Impactador de Cascada Marca Tisch Environmental de 2 etapas.**

Para simular la respiración humana en el equipo se utilizó un sistema de bombeo a través de una bomba de vacío que operaba a un caudal de 28,3 l/min verificados por un rotámetro acoplado al sistema. En el desarrollo de la toma de muestras para los datos de temperatura y humedad relativa en cada una de las bibliotecas se utilizó un HOBO U12 Temp/RH/ Light/External Data Logger, es un registrador de cuatro canales con 12-bits de resolución puede registrar hasta 43.000 mediciones o eventos. El canal externo acepta una variedad de sensores, incluyendo la temperatura (T), registrando valores desde: -20 ° a 70 ° C (-4 ° a 158 ° F) y humedad relativa (RH): 5% a 95% de HR. El registrador utiliza una interfaz directa de USB para el lanzamiento y la lectura de datos por un ordenador (Figura 10).



Figura 8 Etapas del impactador de Cascada.  
A. Platos que componen el impactador. B. Etapa 1 C. Etapa 6

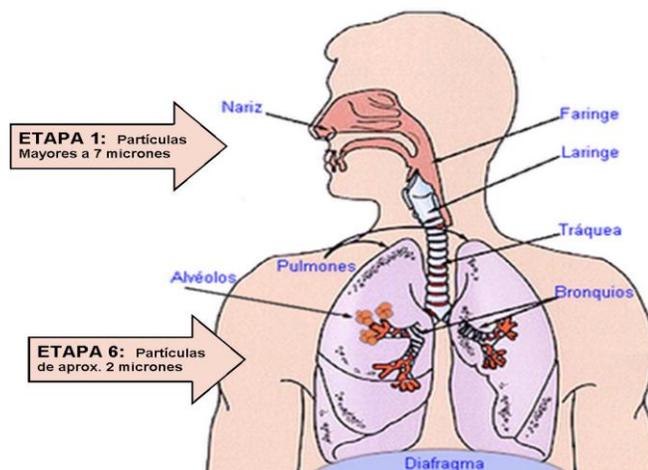


Figura 9 Distribución de los tamaños de las partículas según las etapas y su comparación con el sistema respiratorio humano

(Fuente: <http://loreperry.blogspot.com/2008/04/sist3m-r3spirtri-tu-sistema.html>, adaptada por el autor)



Figura 10 HOBO U12 Temp / HR /Luz / Externa Data Logger

### 6.2.3. Toma de la Muestra

El tiempo de recolección de la muestra se determinó mediante la aplicación de un premuestreo a tres tiempo (4, 6, 10 minutos) establecidos a partir de estudios realizados, (Balaguera, 2011; Vélez, 2008; Hurst, 2007) luego mediante un análisis estadístico de límites de confianza y precisión de la concentración se estableció como un tiempo óptimo de 4 min. El caudal de muestreo empleado para una las campañas, se registró en 28.3 l/min simulando la respiración humana y a altura de 1,5 metros, de modo que se capturaran las partículas a nivel respirable (García, 2002). Para las mediciones realizadas con el impactador de cascada se tenían en cuenta procesos preliminares a la toma de muestra, tales como la esterilización en el laboratorio previo a cada campaña, y en el desarrollo del muestreo, la esterilización entre cambio de placas o cajas Petri, empleando alcohol y choque térmico (flameado) del plato perforado como agente y proceso de limpieza.

Las muestras fueron tomadas en dos jornadas: Mañana y tarde. En cada jornada se tomaron cuatro muestras con original y replica en cada una de las estaciones, en intervalos de 40 minutos en horarios establecidos (Tabla 2). Y el medio de cultivo que se utilizó fue el Agar Saboreaud Dextrosa al 4%.



Tabla 2 Horarios de tomas de muestras en las dos (2) jornadas.

Jornada	No. Intervalo	Rango horario	
		Estación 1 (S1)	Estación 2 (S2)
Mañana	1	8:49-8:57	9:00-9:08
	2	9:29-9:37	9:40-9:48
	3	10:09-10:17	10:20-10:28
	4	10:49-10:57	11:00-11:08
Tarde	1	14:49-14:57	15:00-15:08
	2	15:29-15:37	15:40-15:48
	3	16:09-16:17	16:20-16:28
	4	16:49-16:57	17:00-17:08

6.2.4. Codificación de las muestras

La codificación de las muestras obedeció al siguiente lenguaje

La primera combinación corresponde al lugar de muestreo:

B	BANCO DE LA REPUBLICA
C	CAJAMAG
G	GAIRA

La segunda combinación corresponde a la jornada:

M	Mañana
T	Tarde



La tercera combinación corresponde al intervalo:

I1	Intervalo 1
I2	Intervalo 2
I3	Intervalo 3
I4	Intervalo 4

La cuarta combinación corresponde al punto:

P1	Punto 1
P2	Punto 2

La quinta combinación corresponde a la Muestra:

O	Original
R	Réplica

La sexta se refiere a la etapa:

1	Etapa 1
6	Etapa 6

Para el entendimiento se presenta un ejemplo de este código

C-M-I3-P2-O-6

Esta codificación corresponde biblioteca CAJAMAG, jornada de la mañana, del intervalo 3, del Punto 2, de la toma original y la etapa 6 del Impactador.

### 6.3. Cuantificación del material e identificación de microhongos

#### 6.3.1. Cuantificación del Material

Después de haber realizado la recolección de la muestra se procedió a sellarlas con cinta parafilm (compuesta de parafina) la cual permite el paso de la humedad y el aire pero disminuye en un gran porcentaje las posibilidades de contaminación por cepas en la incubadora; y se incuban a una Temperatura de 25°C por un periodo de 5 días después del muestreo; luego se realizó el recuento de las



unidades formadoras de colonia presentes en las cajas Petri, detallando las diferentes colonias lo cual permite establecer la morfología.

#### 6.4. Determinación de la concentración

##### 6.4.1. Determinación de la concentración por ensayo

Para el establecimiento de la concentración se realizó la relación existente entre las unidades formadoras de colonias y el volumen de aire muestreado. El cálculo se efectuó por la siguiente expresión matemática

$$\frac{UFC}{m^3} = \frac{\text{Unidades Formadoras de Colonia}}{\text{Volumen de Muestra}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde el Volumen de muestra se calculó por dos variables conocidas: el caudal de bombeo y el tiempo de muestreo

$$v = Q_b * t_b$$

Donde:

$Q_b$  Caudal de bombeo (28,3 l/min)

$t_b$  Tiempo de bombeo (4 min)

$v$  Volumen de muestreo (1132 L o 0.1132 m<sup>3</sup>)

##### 6.4.2. Determinación de la concentración por etapa

Para la determinación de la concentración en cada una de las etapas, medio y cultivos se realizó un promedio geométrico de las muestra original (O) y las réplicas (R).

##### 6.4.3. Determinación de la Concentración Promedio



Para el cálculo de la concentración promedio representativa del periodo de muestreo se realizó un promedio geométrico a las concentraciones obtenidas en cada una de las campañas.

### **6.5. Identificación de géneros fúngicas**

Se procedió a incubar las cajas petri a 25 °C durante 5 días, lo cual permitió el crecimiento de colonias. Cada colonia representó una partícula fúngica que había caído sobre el agar. Después de la incubación de las cajas se procedió a un examen directo de las colonias removiendo una porción de la colonia con un asa fúngica o aguja de disección y otra con cinta adhesiva. En el primer caso se colocó la porción en una lámina portaobjeto, se le agregó una gota del colorante azul de lactofenol y se cubrió con una laminilla para proceder a observarla en el microscopio con objetivo de 10 x, 40 x y 100 x. En el segundo caso la muestra adherida a la cinta, se agregó una gota de azul de lactofenol en una lámina portaobjeto y la cinta se colocó sobre esta para luego observarla en el microscopio. La identificación taxonómica de los géneros fúngicos aislados, se realizó utilizando las claves de Barnett y Hunter (1987), Carrillo (2003), Kenneth (1997), la identificación se basó en la presencia de de conidios, esporas u otras estructuras de resistencia.

Los datos obtenidos fueron tabulados y analizados estadísticamente con Statgraphics, es un programa para gestionar y analizar valores estadísticos.

### **6.6. Procesamiento y análisis de los resultados**

#### *6.6.1. Tabulación de la información*

Para la tabulación de la información obtenida en la fase de campo se utilizó el programa de Microsoft Excel, el cual permitió el análisis a través de tablas dinámicas para realizar los cálculos de las concentraciones antes mencionadas.

### **6.7. Análisis de los resultados**

#### **6.7.1. Análisis estadístico**



El diseño metodológico utilizado fue el cuantitativo, aleatorio, estratificado, las variables estudiadas fueron humedad relativa y temperatura, para determinar su incidencia en la concentración de los aerosoles fungi presente en los ambientes *indoor*.

Para el análisis estadístico de los datos se aplicó un análisis de varianza ANOVA completamente aleatorio para la determinación de diferencias significativas entre las concentraciones de UFC de las bibliotecas muestreadas. Para el análisis de correlación entre los parámetros ambientales con la concentración de UFC de hongos se aplicó una regresión simple y multivariada. Todos los análisis se realizaron con el software Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06 – 2007.

Para las correlaciones simples primero se hizo un análisis de comparación de modelos para posteriormente establecer la comparación de mayor significancia.

Para las multivariadas se hizo una prueba para establecer la incidencia de las variables higrométricas con la concentración de aerosoles y establecer la existencia de un modelo global.

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1. Cuantificación de concentración de aerosoles fungi en bibliotecas públicas

En la (Figura 11) se presentan los resultados de la concentración de aerosoles fungi (UFC/m<sup>3</sup>) para las campañas de monitoreo durante las dos jornadas (mañana y tarde) en las bibliotecas CAJAMAG, GAIRA y BANCO DE LA REPÚBLICA, respectivamente.

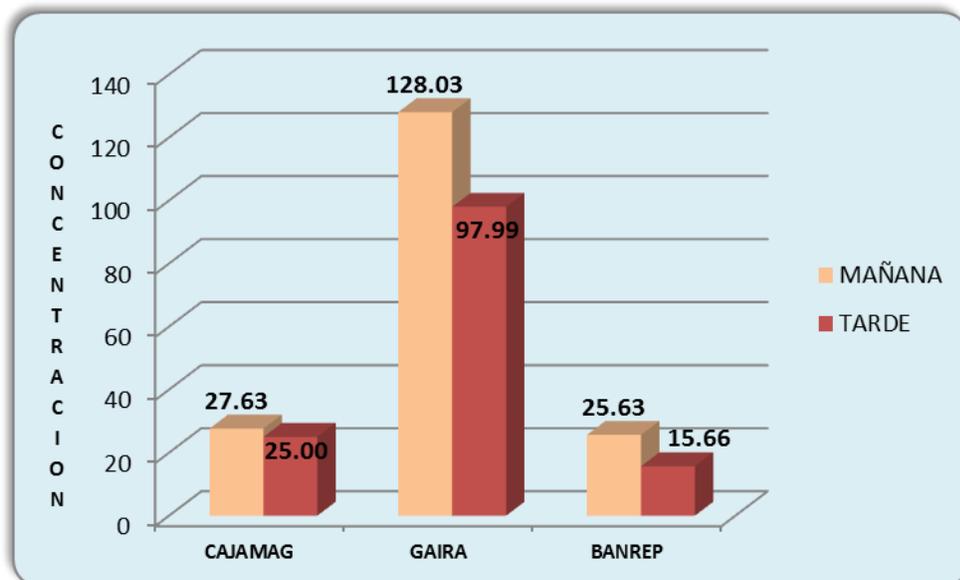


Figura 11 Concentración en UFC/m<sup>3</sup> de aerosoles fungi en las bibliotecas

En esta Figura se aprecia que las concentraciones más altas durante las campañas de monitoreo se presentaron en la biblioteca GAIRA con una concentración de 128,03 UFC/ m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 97,99 UFC/ m<sup>3</sup> para la jornada de la tarde, se admite que estos resultados se dieron debido a que en algunas de las campañas de monitoreo se realizaban jornadas de limpieza y renovación del material bibliográfico. Además de esto la calle en la que está ubicada la biblioteca, en épocas de lluvias se inunda rebosando el sistema de alcantarillado permaneciendo esta agua estancada por varios días, cuando se seca los aerosoles son transportados en forma de partículas de polvo por las



corrientes de aire hacia el interior de la biblioteca. Es importante anotar que la edificación cuenta con un sistema de ventilación natural y de abanicos.

La biblioteca CAJAMAG presento concentraciones de 27,63 UFC/ m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 25,00 UFC/ m<sup>3</sup> para la jornada de la tarde, se puede afirmar que la presencia de bioaerosoles en este lugar se debe a varios factores como: la biblioteca cuenta con una colección de periódicos desde el año 1985 aproximadamente hasta la fecha, encontrándose la mayoría de estos en estado de biodeterioro, sumado a esto su ubicación frente al mar y cercanía a la Sociedad Portuaria de Santa Marta específicamente la empresa Carbosan contribuye con la presencia y proliferación de los microorganismos en el edificio.

Para la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA las máximas concentraciones de bioaerosoles fungi reportadas fueron de 25,63 UFC/ m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 15,66 UFC/ m<sup>3</sup> para la jornada de la tarde. A pesar de su cercanía al mar y comparando estas concentraciones con las obtenidas en las bibliotecas anteriormente mencionadas las concentraciones observadas fueron más bajas, esto puede deberse a que el flujo de personal que ingresa a realizar consultas bibliográficas es bajo, los mantenimientos en los sistemas de ventilación son constantes y el material bibliográfico se encuentra en buen estado.

En las Tablas (3, 4 y 5, ver anexos) se presentan los resultados de la concentración de aerosoles fungi (UFC/m<sup>3</sup>) para las cinco campañas de monitoreo durante las dos jornadas (mañana y tarde) en las bibliotecas CAJAMAG, GAIRA y BANCO DE LA REPÚBLICA, respectivamente.

Como se aprecia en la (Tabla 3), la biblioteca CAJAMAG la concentración máxima de aerosoles fungi reportada en la jornada de la mañana fue obtenida en la Campaña 1 en S2 (300,35 UFC/m<sup>3</sup>), durante el intervalo de 9:40-9:48. En la tarde se registró concentración máxima de 273,85 UFC/m<sup>3</sup> en la Campaña 1 en S1 durante el intervalo horario de 9:29-9:37.

Los valores mínimos de concentración de aerosoles fungi durante la jornada de la mañana reportaron 0,00 UFC/m<sup>3</sup> en la tercera campaña tanto en S1 como en S2, durante los intervalos horarios de 8:49 a 10:17 horas, así como en la cuarta campaña en S1 con un registro de 0,00 UFC/m<sup>3</sup> de 8:49-8:57 horas. Esta biblioteca en la jornada de la tarde reportó la menor concentración



correspondiente a la tercera campaña con  $0,00 \text{ UFC/m}^3$  en S2 a 17:00-17:08 horas.

A partir de los promedios geométricos, se observó que la concentración máxima en la jornada de la mañana es de  $55,80 \text{ UFC/m}^3$  en S1 durante el intervalo de 8:49-8:57 horas, mientras que en la jornada de la tarde es de  $45,90 \text{ UFC/m}^3$  en S1 durante el intervalo 15:29-15:37 horas, siendo el valor promedio mínimo en la jornada de la mañana de  $14,58 \text{ UFC/m}^3$  en S2 durante el intervalo horario de 11:00-11:08 am y en la tarde  $15,88 \text{ UFC/m}^3$  en S1 en el rango de 16:49-16:57 pm.

Se observó que en la campaña 3 no se obtuvieron reportes en los primeros tres intervalos de la mañana por ausencia de fluido eléctrico, correspondiendo esta campaña a la que registró las mínimas concentraciones en la biblioteca CAJAMAG con seis reportes de  $4,42 \text{ UFC/m}^3$  en las estaciones S1 y S2.

En la (Tabla 4, ver anexos) se compilan los datos correspondientes a la biblioteca GAIRA, en la que la concentración máxima de aerosoles fungi reportada en la jornada de la mañana fue obtenida en la Campaña 3 en S2 ( $627,21 \text{ UFC/m}^3$ ), durante el intervalo de 9:00-9:08 horas. En la tarde se registró concentración máxima de  $1197,00 \text{ UFC/m}^3$  en la Campaña 3 en S2 durante el intervalo horario de 17:00-17:08.

Los valores mínimos de concentración de aerosoles fungi durante la jornada de la mañana reportaron  $26,50 \text{ UFC/m}^3$  en la segunda campaña en S1, durante los intervalos horarios de 10:49-10:57 horas. Esta biblioteca en la jornada de la tarde reportó la menor concentración correspondiente a la tercera campaña con  $30,92 \text{ UFC/m}^3$  en S1 durante el intervalo de 16:49-16:57 horas.

A partir de los promedios geométricos, se observó que la concentración mínima en la jornada de la mañana es de  $82,82 \text{ UFC/m}^3$  en S2 durante el intervalo de 10:20-10:28 horas, mientras que en la jornada de la tarde es de  $73,40 \text{ UFC/m}^3$  en S1 durante el intervalo 14:49-14:57 horas, siendo el valor promedio máximo en la jornada de la mañana de  $181,58 \text{ UFC/m}^3$  en S2 durante el intervalo horario de 9:00-9:08 y en la tarde  $150,37 \text{ UFC/m}^3$  en S2 en el rango de 17:00-17:08 horas.

En la (Tabla 5 ver anexos) se resumen los datos de la biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA, la concentración mínima de aerosoles fungi reportada en la jornada de la mañana fue obtenida en la campaña 4 en S1 y S2 con un valor de  $0,00$



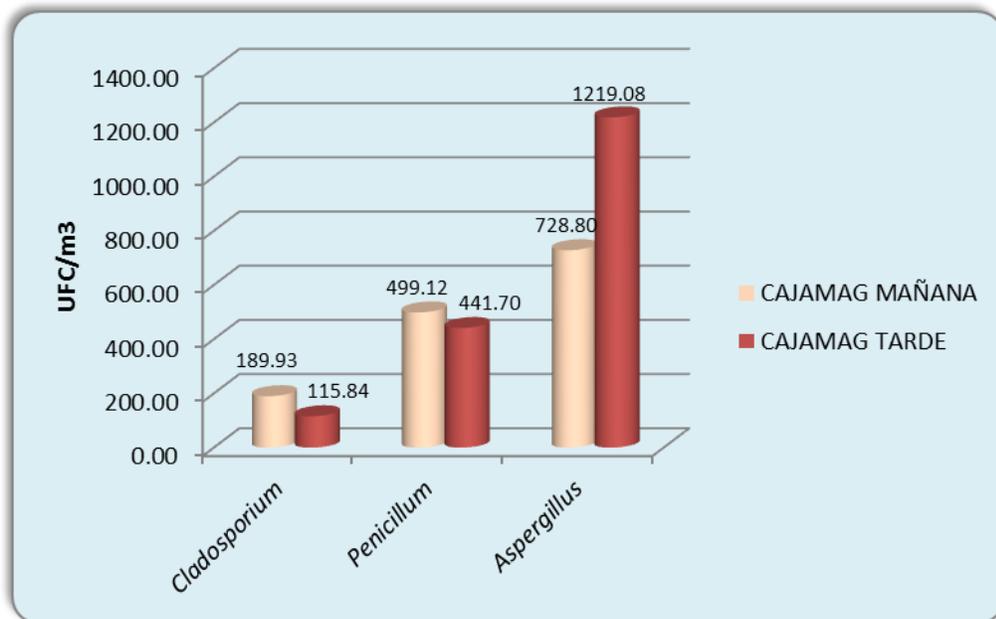
UFC/m<sup>3</sup>, durante el intervalo de 8:49 a 8:57 horas, y en la campaña 5 en S2 con 0,00 UFC/m<sup>3</sup> para el intervalo 11:00-11:08 horas. En la tarde se registró concentración mínima de 0,00 UFC/m<sup>3</sup> en la Campaña 3 en S2 durante el intervalo horario de 17:00-17:08 horas.

Los valores máximos de concentración de aerosoles fungi durante la jornada de la mañana reportaron 114,84 UFC/m<sup>3</sup> en la tercera campaña en S2, durante los intervalos horarios de 9:40-9:48 horas; ésta biblioteca en la jornada de la tarde reportó la mayor concentración correspondiente a la primera campaña con 75,09 UFC/m<sup>3</sup> en S1 durante el intervalo de 15:29-15:37 horas.

A partir de los promedios geométricos, se observó que la concentración máxima en la jornada de la mañana es de 35,20 UFC/m<sup>3</sup> en S2 durante el intervalo de 8:49-8:57 horas, mientras que en la jornada de la tarde es de 23,24 UFC/m<sup>3</sup> en S2 durante el intervalo 15:40-15:48 horas, siendo el valor promedio mínimo en la jornada de la mañana de 12,74 UFC/m<sup>3</sup> en S1 durante el intervalo horario de 10:09-10:17 horas y en la tarde 8,83 UFC/m<sup>3</sup> en S2 en el rango de 16:20-16:28 horas.

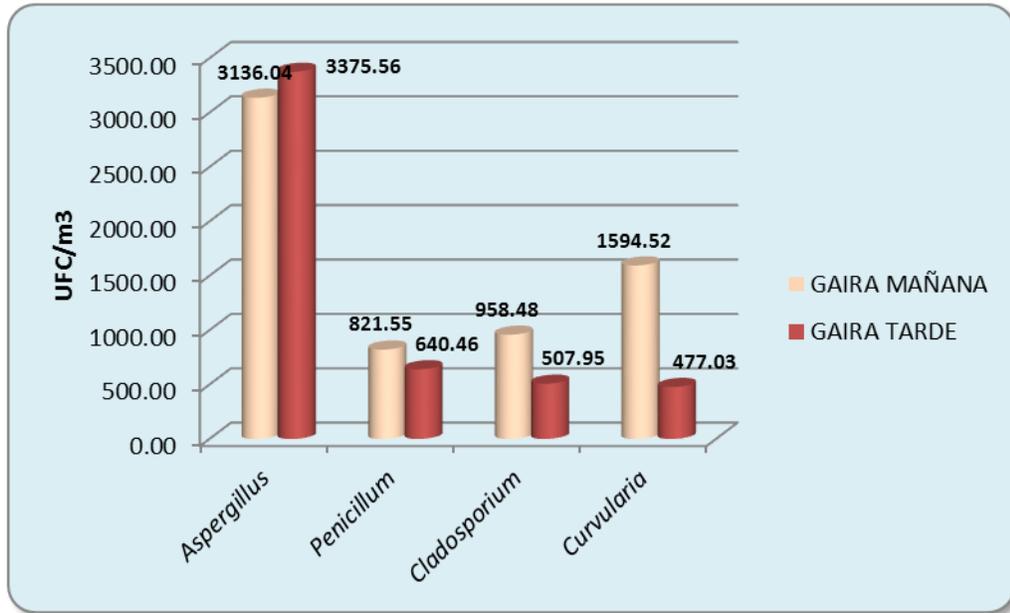
## **7.2. Identificación de grupos de aerosoles fungi en bibliotecas públicas**

En las Figuras (12, 13 y 14) se presentan los resultados de la concentración de los géneros más representativos identificados de aerosoles fungi (UFC/m<sup>3</sup>) en las campañas de monitoreo durante las dos jornadas (mañana y tarde) en las bibliotecas CAJAMAG, GAIRA y BANCO DE LA REPÚBLICA, respectivamente.



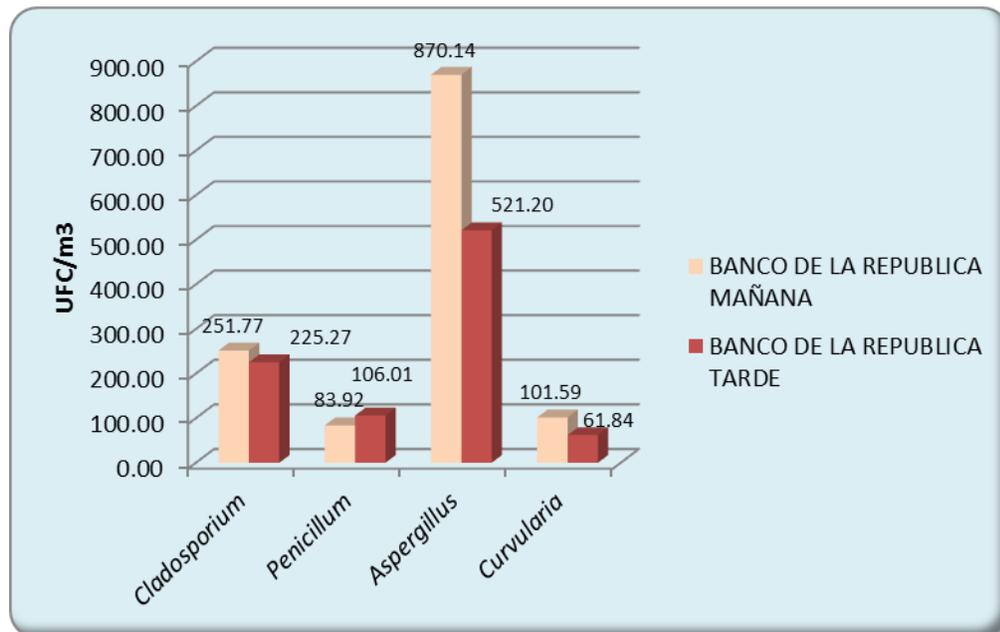
**Figura 12** Concentración de los géneros de aerosoles fungi más representativos identificados en la biblioteca CAJAMAG, UFC/m<sup>3</sup>

En esta Figura se consolidan los datos de los géneros más representativos identificados en la biblioteca CAJAMAG, el registro más alto corresponde al género *Aspergillus* con 728,80 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 1219,08 UFC/m<sup>3</sup> durante la jornada de la tarde; el género *Penicillium* con 499,12 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 441,70 UFC/m<sup>3</sup> en la tarde, así mismo el género *Cladosporium* con 189,93 UFC/m<sup>3</sup> para la jornada de la mañana y 115,84 UFC/m<sup>3</sup> en la tarde.



**Figura 13 Concentración de los géneros de aerosoles fungi más representativos identificados en la biblioteca GAIRA, UFC/m<sup>3</sup>**

En esta Figura se resumen los resultados de la concentración de los géneros más representativos identificados en la biblioteca GAIRA, el registro más alto corresponde al género *Aspergillus* con 3136,04 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 3375,56 UFC/m<sup>3</sup> durante la jornada de la tarde; el género *Penicillium* con 821,55 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 640,46 UFC/m<sup>3</sup> en la tarde; el género *Cladosporium* con 958,48 UFC/m<sup>3</sup> para la jornada de la mañana y 507,95 UFC/m<sup>3</sup> en la tarde, seguido el género *Curvularia* 1594,52 UFC/m<sup>3</sup> en la mañana y 477,03 UFC/m<sup>3</sup> en la tarde.



**Figura 14 Concentración de los géneros de aerosoles fungi más representativos identificados en la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA, UFC/m<sup>3</sup>**

En esta Figura se encuentran acopiados los datos correspondientes a la concentración de los géneros identificados de aerosoles fungi en la biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA, dentro de los que sobresalen los siguientes aspectos: el género que reportó la mayor concentración fue el *Aspergillus* con 870,14 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 521,20 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la tarde; género *Penicillium* con 83,92 UFC/m<sup>3</sup> en la mañana y 106,1 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la tarde; el *Cladosporium* con 251,77 UFC/m<sup>3</sup> en la mañana y 225,27 UFC/m<sup>3</sup> en la tarde, por último el género *Curvularia* con 101,59 UFC/m<sup>3</sup> en la jornada de la mañana y 61,84 UFC/m<sup>3</sup> en la tarde.

En las Tablas (6, 7 y 8, ver anexos) se presentan los resultados de la concentración de los géneros identificados de aerosoles fungi (UFC/m<sup>3</sup>) en las cinco campañas de monitoreo durante las dos jornadas (mañana y tarde) en las bibliotecas CAJAMAG, GAIRA y BANCO DE LA REPÚBLICA, respectivamente.

En la (Tabla 7, ver anexos) se consolidan los datos obtenidos en la biblioteca CAJAMAG para cada una de las campañas de acuerdo con las dos jornadas de monitoreo, identificando que en la jornada de la mañana el registro más alto



corresponde al género *Aspergillus* con 269,43 UFC/m<sup>3</sup> en S2 durante la campaña 1; mientras que en la tarde se observó la predominancia del género *Aspergillus* con 556,54 UFC/m<sup>3</sup> que se reporta en S1 durante la campaña 1.

Los géneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Cunninghamella*, *Paecilomyces*, *Chrysonilia*, *Penicillium* y *Curvularia* se identificaron en las dos jornadas de monitoreo, sobresaliendo por su predominancia y abundancia en ambas jornadas *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp.

En la (Tabla 8, ver anexos) se resumen los resultados de la concentración de los géneros identificados de aerosoles fungi en la biblioteca GAIRA, sobresaliendo los siguientes aspectos: en la jornada de la mañana el género *Curvularia* reportó la mayor concentración con 693,46 260,60 UFC/m<sup>3</sup> en S2 durante la campaña 3, en la jornada de la tarde la mayor concentración la reportó el género *Aspergillus* con 1201,41 UFC/m<sup>3</sup> en S2 durante la campaña 3.

En la (Tabla 9, ver anexos) se encuentran acopiados los datos correspondientes a la concentración de los géneros identificados de aerosoles fungi en la biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA, dentro de los que sobresalen los siguientes aspectos: en la jornada de la mañana el género que reportó la mayor concentración fue el *Aspergillus* con 260,60 UFC/m<sup>3</sup> en S1 durante la campaña 3, mientras que en la jornada de la tarde la mayor concentración reportada fue de 110,42 UFC/m<sup>3</sup> con *Cladosporium* en S1 campaña 1 y *Aspergillus* en S1 durante la campaña 5.

Los géneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* y *Curvularia* se identificaron en las dos jornadas de monitoreo, sobresaliendo por su predominancia y abundancia en ambas jornadas *Aspergillus* y *Cladosporium*.



### **Análisis del comportamiento gradual de los géneros más sobresalientes en cada biblioteca**

De los géneros que se colectaron en la biblioteca CAJAMAG, *Cladosporium sp.*, presentó valores máximos de concentración en la primera campaña con un valor de 755,3 UFC/m<sup>3</sup>, a partir de la segunda campaña hasta la cuarta presenta una disminución significativa volviendo alcanzar un valor representativo de 128,1 UFC/m<sup>3</sup> en la quinta campaña. Seguidamente el *Penicillium* con un valor máximo de concentración de 808,3 UFC/m<sup>3</sup> y *Aspergillus sp.* de 984,98 UFC/m<sup>3</sup> reportados en la primera campaña, posteriormente se presentó una disminución en la tercera y cuarta campaña con valores de 0 UFC/m<sup>3</sup> para *Penicillium*; lo contrario de *Aspergillus sp.*, que presentó un crecimiento constante durante los muestreos. Para la biblioteca GAIRA los valores máximos de concentración fueron reportados en la tercera campaña para el género *Aspergillus* 2650,17 UFC/m<sup>3</sup>, *Cladosporium sp.* 755,3 UFC/m<sup>3</sup> y *Curvularia* 1828,68 UFC/m<sup>3</sup>, presentando los dos últimos géneros mencionados una disminución en la concentración en las dos últimas campañas (4 y 5) y el *Aspergillus* con un crecimiento representativo en todos los muestreos. Así mismo para BANCO DE LA REPUBLICA se registró la mayor concentración en la primera campaña para el género *Cladosporium* con un valor de 318,02 UFC/ m<sup>3</sup>, y *Penicillium* 75,09 UFC/ m<sup>3</sup>, disminuyendo significativamente los valores de concentración desde la segunda campaña hasta la quinta; en relación con el género *Curvularia* se recolectó solo en la campaña 3 con una concentración total de 263,43 75,09 UFC/ m<sup>3</sup>.

### 7.3. Variaciones de las concentraciones de aerosoles fungi a partir de las condiciones ambientales en bibliotecas públicas

En las Figuras (15, 16, 17, 18, 19, 20) se muestran los promedios de Temperatura (T) presentada en grados centígrados (°C) y Humedad Relativa (HR) en porcentaje (%), para las cinco campañas de monitoreo de las bibliotecas CAJAMAG, GAIRA y BANCO DE LA REPUBLICA.

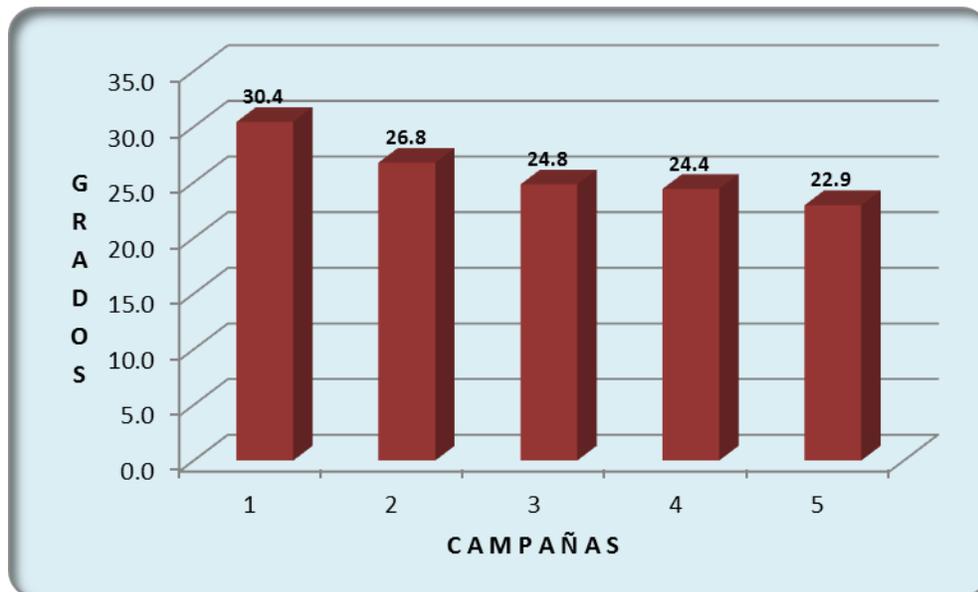


Figura 15 Promedios de Temperatura biblioteca CAJAMAG

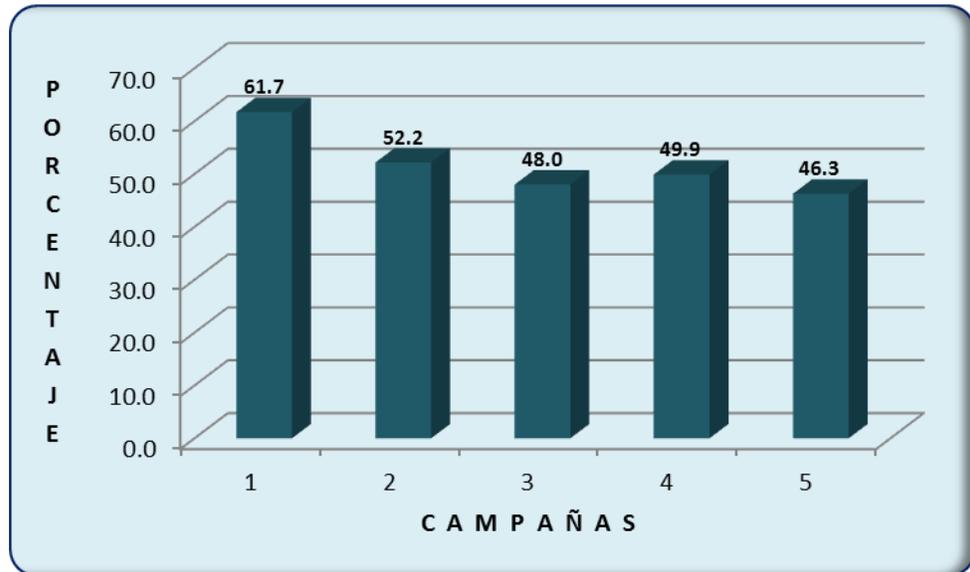


Figura 16 Promedios de Humedad relativa biblioteca CAJAMAG

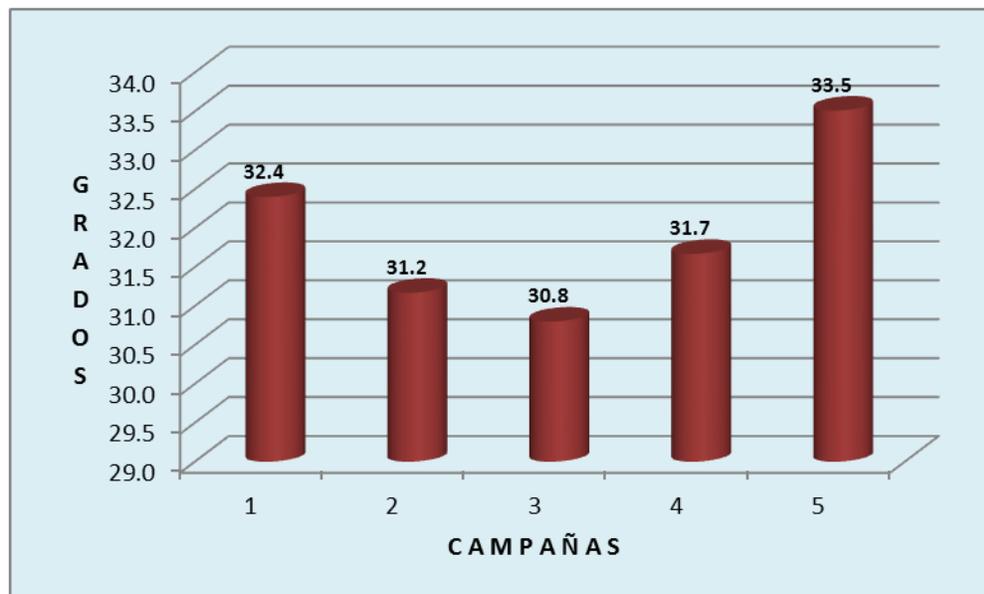


Figura 17 Promedios de Temperatura biblioteca GAIRA

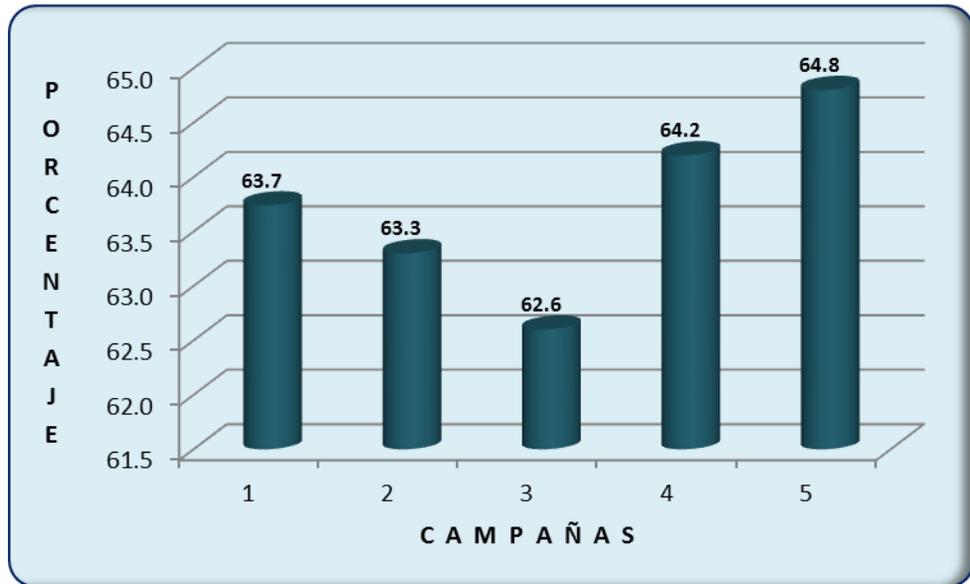


Figura 18 Promedios de Humedad relativa biblioteca GAIRA

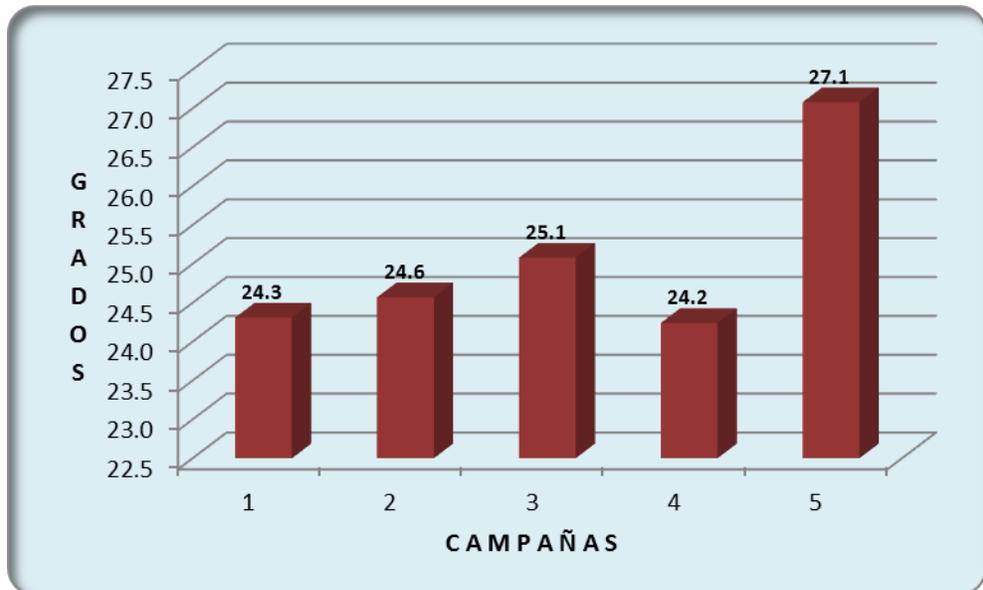
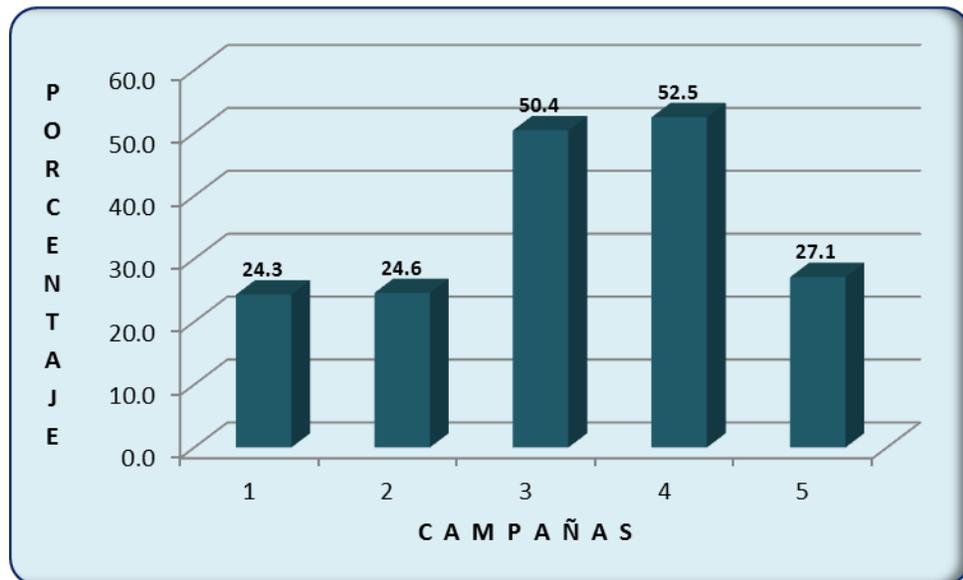


Figura 19 Promedios de Temperatura biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA



**Figura 20 Promedios de Humedad relativa biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA**

En las Tablas (09, 10 y, 11 ver anexos) se resumen los datos de máximos, mínimos, promedio y desviación estándar de Temperatura (T) presentada en grados centígrados (°C) y la Humedad Relativa (HR) en porcentaje (%), para las cinco campañas de monitoreo de las bibliotecas BANCO DE LA REPUBLICA, CAJAMAG y GAIRA.

## 7.4. CORRELACION DE UFC VS TEMPERATURA Y HUMEDAD

### 7.4.1. Biblioteca CAJAMAG

#### 7.4.1.1. Temperatura Vs Concentración

Gráfico del Modelo Ajustado

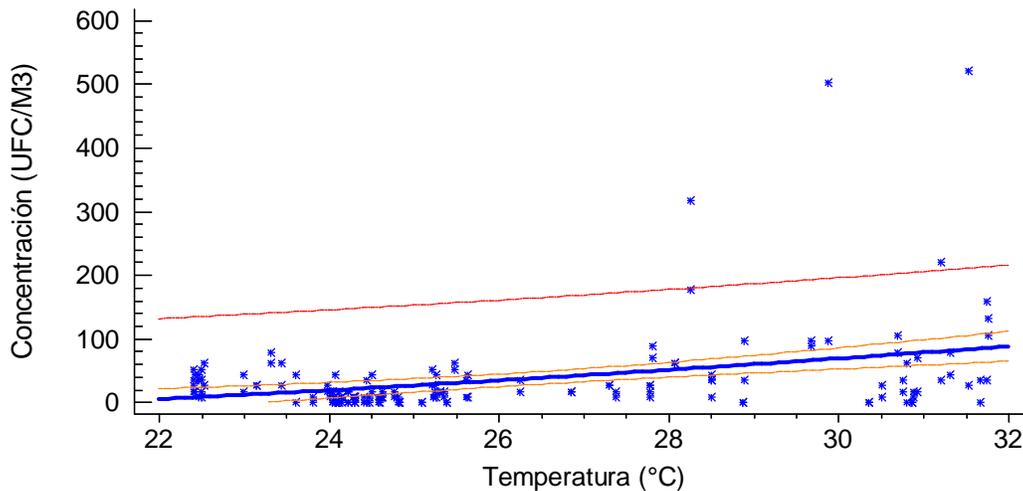


Figura 21 Modelo ajustado de temperatura y concentración biblioteca CAJAMAG

En la (Tabla 13, ver anexo) se muestra los resultados de ajustar varios modelos curvilíneos aplicados a los datos, de esta se puede establecer que el modelo X-cuadrada es el que arroja el valores más alto de R-Cuadrada con 12.59%. Este es el modelo actualmente presentado en la (Figura 21) la ecuación del modelo ajustado es:

$$C = -69.809 + 0.154 * T^2 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

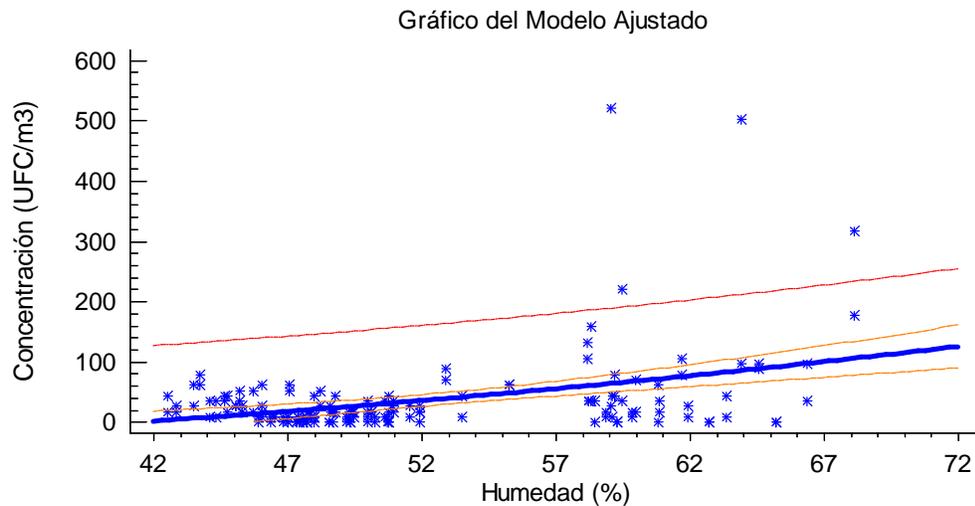
C: es la concentración de aerosoles fungi en UFC/m<sup>3</sup>

T: es la temperatura en °C

Adicional a esto el Análisis ANOVA muestra que existe una relación estadísticamente significativa entre concentración y temperatura ( $P\text{-valor}_{\text{obs}}: 0.00 < P\text{-valor}_{\text{crit}}: 0.05$ ) con un nivel de confianza del 95.0%. No obstante el coeficiente de correlación es igual a 0.355, indicando una relación relativamente débil entre las

variables, lo cual se puede atribuir al hecho que la distribución de los datos de concentración en esta biblioteca varían de  $36.16 \pm 67.79$  UFC/m<sup>3</sup>, presentándose alrededor de 10 datos fuera del rango normal que disminuyan la correlación de los factores.

7.4.1.2. Humedad Vs Concentración



**Figura 22 Modelo ajustado de humedad y concentración biblioteca CAJAMAG**

En la (Tabla 14, ver anexo) se muestra los resultados de ajustar varios modelos curvilíneos aplicados a los datos, de esta se puede establecer que el modelo X-cuadrada es el que arroja el valores más alto de R-Cuadrada con 14.51%. Este es el modelo actualmente presentado en la (Figura 22). La ecuación del modelo ajustado es:

$$C = -62.485 + 0.036 * RH^2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

C: es la concentración de aerosoles fungi en UFC/m<sup>3</sup>

RH: es la Humedad Relativa %

Adicional a esto el Análisis ANOVA manifiesta la misma situación que con la temperatura ( $P\text{-valor}_{\text{obs}}: 0.00 < P\text{-valor}_{\text{crit}}: 0.05$ ) con un nivel de confianza del 95.0%. No obstante el coeficiente de correlación es igual a 0.381, indicando una relación relativamente débil entre las variables, lo cual se puede atribuir al mismo hecho planteado en el caso anterior. Ahora si comparamos las ecuaciones simples obtenidas de Temperatura y Humedad contra la concentración se observa que



son muy similares y se puede justificar en el hecho que las variables tienen un coeficiente de correlación superior al 70%.

#### 7.4.1.3. Correlación Multivariable (Concentración Vs Temperatura-Humedad)

La ecuación que enmarca el modelo ajustado que describe la influencia ejercida de la Humedad y la Temperatura es:

$$C = -181.28 + 2.91T + 2.73RH \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

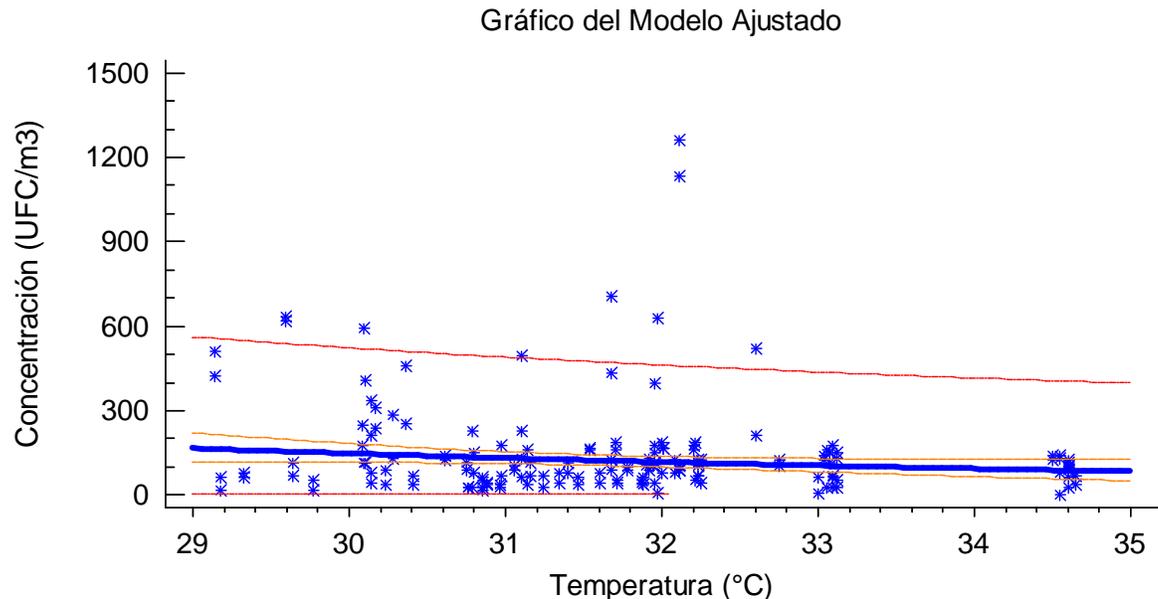
C: es la concentración de aerosoles fungi en UFC/m<sup>3</sup>

RH: es la Humedad Relativa %

Puesto que el valor-P (0.00) en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95.0%. Sin embargo es igual que las situaciones anteriores R-Cuadrada (14.14% indica un relación baja de la variabilidad en concentración. No obstante se aplica una prueba para determinar si el modelo puede simplificarse, el cual da como resultado un valor-P de 0.38 para temperatura como el de mayor valor, superando un P-valor crítico, sugiriendo esta variable puede ser suprimida en el análisis de regresión siendo consistente con lo manifestado anteriormente en el que la temperatura y la humedad presentan un coeficiente de correlación mayor al 70%. Al igual que el ajuste de concentración-humedad da mayor coeficiente de correlación.

7.4.2. Biblioteca GAIRA

7.4.2.1. Temperatura Vs Concentración



**Figura 23 Modelo ajustado de temperatura y concentración biblioteca GAIRA**

En la (Tabla 14, ver anexo) se muestra los resultados de ajustar varios modelos curvilíneos aplicados a los datos, de esta se puede establecer que el modelo Raíz Cuadrada-Y Inversa de X es el que arroja el valores más alto de R-Cuadrada con 2.50%. Este es el modelo actualmente presentado en la (Figura 23). La ecuación del modelo ajustado es:

$$C = \left( -9.22 + \frac{638.91}{T} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

C: es la concentración de aerosoles fungi en UFC/m<sup>3</sup>

T: Temperatura °C

Adicional a esto el Análisis ANOVA muestra que existe una relación estadísticamente significativa entre concentración y temperatura (P-valor<sub>obs</sub>: 0.046 < P-valor<sub>crit</sub>: 0.05) con un nivel de confianza del 95.0%. No obstante el coeficiente de correlación es igual a 0.158, indicando una relación relativamente débil entre las variables, justificable en el hecho que el P-valor observado está

cercano al P-valor crítico y a la presencia de dos valores de concentración atípicos superiores a las 1000 UFC/m<sup>3</sup>.

7.4.2.2. Humedad Vs Concentración

Gráfico del Modelo Ajustado

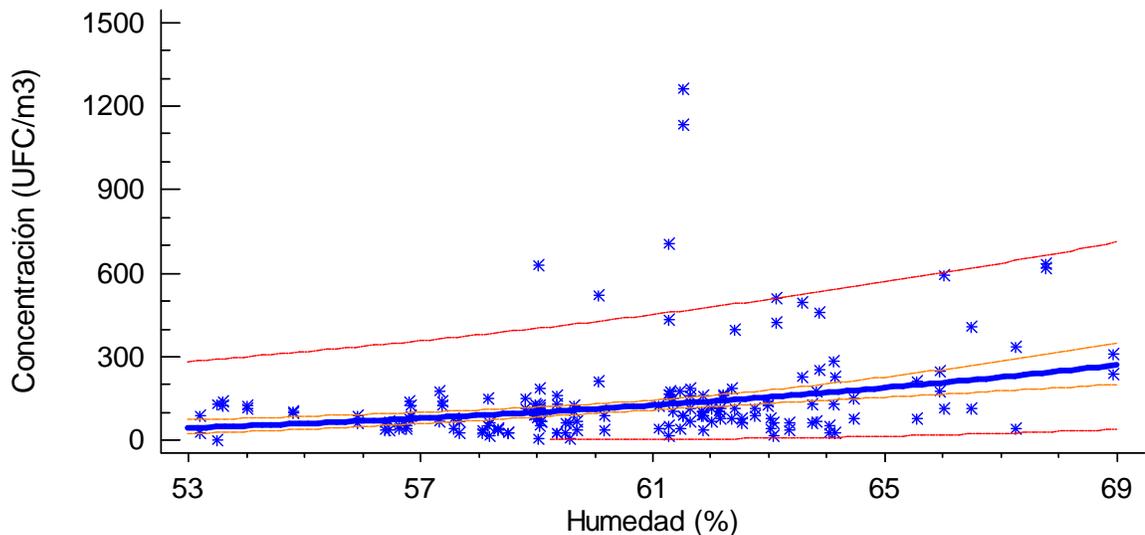


Figura 24 Modelo ajustado de humedad y concentración biblioteca GAIRA

En la (Tabla 15, ver anexo) se muestra los resultados de ajustar varios modelos curvilíneos aplicados a los datos, de esta se puede establecer que el modelo Raíz Cuadrada-Y Cuadrado-X es el que arroja el valores más alto de R-Cuadrada con 13.93%. Este es el modelo actualmente presentado en la (Figura 24). La ecuación del modelo ajustado es:

$$C = (-7.55 + 0.005RH^2)^2 \text{ (Ecuación 6)}$$

Donde:

C: es la concentración de aerosoles fungi en UFC/m<sup>3</sup>

RH: es la Humedad Relativa %

Adicional a esto el Análisis ANOVA manifiesta la misma situación que con la temperatura (P-valor<sub>obs</sub>: 0.00 < P-valor<sub>crit</sub>: 0.05) con un nivel de confianza del 95.0%. No obstante el coeficiente de correlación es igual a 0.373 es mucho mayor



que el caso anterior, pero sigue indicando una relación relativamente débil entre las variables, lo cual se puede atribuirse a los datos atípicos mayores a  $1000\text{UFC}/\text{m}^3$ . Ahora si comparamos las ecuaciones simples obtenidas de Temperatura y Humedad contra la concentración se observa que son muy similares y se puede justificar en el hecho que las variables tienen un coeficiente de correlación inverso superior al 75%.

#### 7.4.2.3. Correlación Multivariable (Concentración Vs Temperatura-Humedad)

La ecuación que enmarca el modelo ajustado que describe la influencia ejercida de la Humedad y la Temperatura es:

$$C = -2187.64 + 26.32T + 24.78RH \text{ (Ecuación 7)}$$

Donde:

C: es la concentración de aerosoles fungi en  $\text{UFC}/\text{m}^3$

RH: es la Humedad Relativa %

Puesto que el valor-P (0.0001) en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95.0%. Sin embargo e igual que las situaciones anteriores R-Cuadrada (11.45%) indica un relación baja de la variabilidad en concentración. No obstante se aplica una prueba para determinar si el modelo puede simplificarse, el cual da como resultado un valor-P de 0.0782 para temperatura como el de mayor valor, superando un P-valor crítico, sugiriendo esta variable puede ser suprimida en el análisis de regresión siendo consistente con lo manifestado anteriormente en el que la temperatura y la humedad presentan un coeficiente de correlación inverso mayor al 75%. Al igual que el ajuste de concentración-humedad da mayor coeficiente de correlación.

#### 7.4.3. *Biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA*

##### 7.4.3.1. Temperatura Vs Concentración

Teniendo en cuenta el Análisis ANOVA manifiesta la ausencia de una relación estadísticamente significativa entre concentración y temperatura ( $P\text{-valor}_{\text{obs}}: 0.3176 < P\text{-valor}_{\text{crit}}: 0.05$ ) con un nivel de confianza del 95.0%. lo cual es ratificado



por el coeficiente de correlación de 0.67%, por lo cual no se puede establecer una ecuación para la relación entre la concentración y la temperatura en la biblioteca.

#### 7.4.3.2. Humedad Vs Concentración

Para el caso de la humedad relativa en esta biblioteca sucede lo mismo que para la temperatura, teniendo con P-valor observado 0.5024, que manifiesta la ausencia de una relación significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%.

#### 7.4.3.3. Correlación Multivariable (Concentración Vs Temperatura-Humedad)

Teniendo en cuenta las regresiones simples realizadas anteriormente se presume que la regresión multivariable no arrojará un nivel de significancia estadística que permita justificar la ecuación del modelo, esto se evidencia con un P-valor observado de 0.9651 mayor al P-valor crítico 0.05 con un nivel de significancia estadística del 95%, lo cual permite inferir que las variables de temperatura y humedad no tiene incidencia sobre la concentración de aerosoles fungi.



## 8. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Desde hace algunos años, el conocimiento de la contaminación microbiana en el aire interior es de gran interés por la importancia que tienen los microorganismos para la salud de las personas y el deterioro de diferentes materiales (Borrego *et al.*, 2008 y Gómez *et al.*, 2005). Estudios realizados en algunos países han demostrado que factores como la temperatura, humedad, la luz y la disponibilidad de nutrientes constituyen un ambiente favorable para el desarrollo de especies microbianas como hongos y bacterias causando daños en los materiales de las bibliotecas (papel, pergamino, cuero, adhesivo etc.) (Rivas *et al.*, 2005). De esta forma el presente proyecto plantea la generación de nuevo conocimiento, en relación con esta temática se estudiaron tres bibliotecas públicas pertenecientes al Distrito de Santa Marta.

Investigaciones realizadas en las bibliotecas de la Universidad de Gorakhpur (India), (Tripathi 1987). Delhi (India), (Singh *et al.*, 1995). Caracas (Venezuela) y Maracay (Venezuela), (Hartung y Rodríguez 1996). Nacional del Litoral (Argentina) (Rodríguez de Kopp *et al.*, 1998). Universidad de Carabobo (Medina *et al.*, 1999) Etc. Al igual que en el estudio realizado en el Distrito de Santa Marta en las bibliotecas BANCO DE LA REPUBLICA, CAJAMAG y GAIRA, se registran géneros como: *Aspergillus*, *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* spp. *Geotrichum* sp., *Zigomicetes*, entre otros.

En el estudio de Medina *et al.*, 1999 realizado en ambientes de las bibliotecas de la Universidad de Carabobo – Venezuela, se llevó a cabo una investigación relacionada con la presencia de hongos, de los cuales se identificaron 15 géneros, de los que se encontraron con mayor frecuencia *Geotrichum*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Circinella* y Cunningamella. Las medias obtenidas para la temperatura y la humedad relativa fueron 26.6°C y 57.06% respectivamente. Así mismo en la investigación ejecutada en las bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta se reportaron 14 géneros de los cuales predominaron *Geotrichum*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, y Cunningamella. Los valores máximos obtenidos de temperatura y humedad relativa para cada una de las bibliotecas fueron: BANCO DE LA REPUBLICA 30.70 °C y 34.70%; CAJAMAG 31.77 °C y 70.50 % y GAIRA 34.70 °C 64.90 %.

Las concentraciones más altas durante las campañas de monitoreo se presentaron en la biblioteca GAIRA se admite que estos resultados se dieron



debido a que en algunas de las campañas de monitoreo se realizaban jornadas de limpieza y renovación del material bibliográfico. En cuanto a la biblioteca CAJAMAG se puede afirmar que la presencia de bioaerosoles en este lugar se debe a su cercanía al mar, además de esto la biblioteca cuenta con una colección de periódicos desde el año 1985 aproximadamente hasta la fecha, encontrándose la mayoría de estos en estado de biodeterioro, así mismo la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA reporto las concentraciones más bajas A pesar de su cercanía al mar.

Es importante anotar que el estado del arte consultado para el desarrollo de este estudio no se reporta el género *cunninghamella* el cual se caracteriza por presentar colonias de color blanco a gris, estas crecen rápidamente, produciendo erectos, esporangióforos rectos y ramificados. El género *Cunninghamella* produce una zigomicosis invasora causadas por un amplio número de patógenos fúngicos, estas son un conjunto de micosis que aquejan a pacientes inmunodeficientes y que destacan por su gravedad y difícil tratamiento (Del palacio y Cuétara 2008). Mientras que en el estudio realizado en las bibliotecas públicas del Distrito de Santa Marta se reporta el género *Cuninghamella* en las tres bibliotecas monitoreadas con las siguientes concentraciones. Para BANCO DE LA REPUBLICA 8,83 UFC/ m<sup>3</sup>, CAJAMAG 35,29 UFC/ m<sup>3</sup> y GAIRA 44,17 UFC/ m<sup>3</sup>. Finalmente, por las razones antes mencionadas se hace necesario realizar estudios posteriores sobre procesos fisiopatológicos de los usuarios y del personal que labora en las bibliotecas para encontrar posibles soluciones.



## 9. CONCLUSIONES

Las máximas concentraciones de aerosoles fungi a partir del promedio geométrico fueron para la biblioteca GAIRA, reportando valores de 181,58 UFC/m<sup>3</sup> en la estación 2 (S2) para las horas de la mañana y 150,37 UFC/m<sup>3</sup> en la estación 2 (S2) en horas de la tarde. Los valores mínimos se presentaron en la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA con valores de 12,74 UFC/m<sup>3</sup> en la estación 1 (S1) para las horas de la mañana y 8,83 UFC/m<sup>3</sup> en la estación 2 (S2) en las horas de tarde.

Los grupos fúngicos más frecuentes encontrados en los ambientes de todas las bibliotecas fueron *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* y *Curvularia*. En la biblioteca GAIRA se reportó la mayor concentración en la jornada de la tarde para el género *Aspergillus* sp. con 1201,41 UFC/m<sup>3</sup> en S2 durante la campaña 3. Para la biblioteca CAJAMAG, el registro más alto corresponde al género *Aspergillus* sp. con 556,54 UFC/m<sup>3</sup> que se reporta en S1 durante la campaña 1 en la jornada de la tarde. Así mismo en la biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA, se reportó en la jornada de la tarde la mayor concentración para los géneros *Cladosporium* sp. con 110,42 UFC/m<sup>3</sup> en S1 campaña 1 y *Aspergillus* sp. 110,42 UFC/m<sup>3</sup> en S1 durante la campaña 5.

Para el caso de las condiciones ambientales, temperatura (T) y humedad relativa (HR) se reportaron valores máximos y mínimos para cada biblioteca. Para la biblioteca GAIRA la temperatura máxima reportada fue de 34.70 °C y la mínima de 29.04 °C; la humedad relativa máxima alcanzada fue de 64.90 % y la mínima de 1.00 %. En la biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA la temperatura máxima fue de 30.70 °C, la mínima de 22.56 °C; la humedad relativa máxima fue de 87.70 % y la mínima de 34.70 %. Biblioteca CAJAMAG la temperatura máxima reportada fue de 31.77 °C en la campaña 1 y la mínima de 22.30 °C; la humedad relativa máxima alcanzada fue de 70.50 % en la campaña 5 y la mínima de 39.34 %.

Se puede concluir que los géneros más predominantes fueron los que encontraron las condiciones óptimas de crecimiento, proliferación y supervivencia en estos ambientes *indoor*.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Protección Ambiental (E.P.A). Report to Congress on indoor air quality, Volume II: Assessment and control of indoor air pollution, (2002) pp. 4-14.
2. ALBRIGHT DM. Human health effects of airborne mycotoxins exposure in fungi-contaminated indoor environment. Professional Safety: 26-28, 2001
3. ATIN A, MOON M, SWATI GUPTA B. Volumetric assessment of airborne fungi in two sections of a rural indoor dairy cattle shed. En journal of environmental science [en línea] Vol. 29, N°. 8, (2004) [consultado 9 oct. 2009]. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=753041>
4. BALAGUERA RINCONES, S. Evaluación de la concentración de aerosoles biológicos en ambientes indoor en las unidades de cuidados intensivos del Hospital Universitario Fernando Troconis (2011), tesis (Ingeniero ambiental y sanitario). Universidad del Magdalena.
5. BARNETT, H. L. HUNTER, B: Illustrated genera of imperfect fungi. Secon edition (1987). P. 210.
6. BERENGER SUBILS, M. SOLÉ MARTÍ, M. Ambientes cerrados: Calidad del aire. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo. España. NTP 243 (2003). [consultado 12 oct. 2011]. En:< [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_243.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_243.pdf)>
7. BIAL - ARÍSTEGUI. Alergia a los hongos. Rev Iberoam Micol.( 2002). [Consultado el 21 mayo 2012]. Disponible en: <http://hongos-alergicos.reviberoammicol.com/files/010.PDF>
8. BORREGO, S. PERDOMO, I. GUIAMET, P. GÓMEZ DE SARAVIA, S. Estudio de la concentración microbiana en el aire de depósitos del Archivo Nacional de Cuba en Augmdomus [en línea] Vol. 1 (2010) [consultado el 24 oct. 2011]. Disponible en: <<http://www.revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/article/viewFile/97/117>>



9. BORREGO, S. PONS, V. PERDOMO, I. La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. En: Revista CENIC. Ciencias Biológicas [en línea]. Vol. 39 (2008). [consultado 9 ene. 2011]. Disponible en <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=181214889005>. ISSN 0258-6002>
10. BORREGO, S.F. PERDOMO, I. DE LA PAZ, J. GÓMEZ DE SARAVIA S.G. GUIAMET P.S. Relevamiento microbiológico del aire y de materiales almacenados en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba. En: Sección Botánica. [en línea]. 18 (119): 1-18 (2011). [Consultado 10 de nov. 2011]. Disponible en: [http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/botanica/2011\\_Botanica\\_18\\_Borrego\\_alta.pdf](http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/botanica/2011_Botanica_18_Borrego_alta.pdf)
11. BORNEHAG, C. BLOMQUIST, G. GYNTELBERG G. JÄRVHOLM F. MALMBERG B. NORDVALL P. NIELSEN L. PERSHAGEN A. G. y SUNDELL, J. (2001). Dampness in buildings and health, Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in buildings and health effects (NORDDAMP). *Indoor Air*, 11, 72-86.
12. BORNEHAG, C. SUNDELL, G. BONINI J. CUSTOVIC, S. MALMBERG A. SKERFVING, P. SIGSGAARD, T. S. y VERHOEFF, A. (2004). Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects. *Indoor Air*, 14, 243-257.
13. BUENO, D. SILVA, J. OLIVER, G. Hongos ambientales en una biblioteca: un año de estudio. En: *Anales de documentación*. [en línea]. Vol. 6, p. 27-34 (2003). [consultado el 1 oct. 2009]. Disponible en: <[revistas.um.es/analesdoc/article/download/2061/2051](http://revistas.um.es/analesdoc/article/download/2061/2051)>
14. BURGE, H.A. Fungus allergens. *Clinical Reviews of Allergy*, (1985).3:319-329.
15. BURGE, H.A. The fungi, (1990). p. 136-162. En: P. Morey, J.Feeley, y J. Otten (ed.), *Biological Contaminants in Indoor Environments*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa.



16. BUTTNER, M.P. STETZENBACH, L.D. Monitoring Airborne Fungal Spores in a Experimental Indoor Environment to Evaluate Sampling Methods and the Effects of Human Activity on Air Sampling. En: Appl. Environ. Microbiol. Vol. 59 (1993); p. 219-226.
17. CABALLERO, M. CARTÍN, V. Calidad del aire en dos centros hospitalarios y ocho clínicas veterinarias. En: Rev. costarric. salud pública. [en línea]. Vol.16, No. (2007). [consultado el 1 oct. 2011]. Disponible en <[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S140914292007000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S140914292007000100003&script=sci_arttext)>
18. CARRANZA DÍAZ, Z. Selección e identificación de especies de hongos ectomicorrizógenos del estado de Hidalgo más competentes en medio de cultivo sólido (2006), 17 p. tesis (Ingeniero Agroindustrial). Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias [consultado el 27 Jul del 2012]. Disponible en: <[http://www.osman.es/contenido/profesionales/cai\\_osman.pdf](http://www.osman.es/contenido/profesionales/cai_osman.pdf)>
19. CARRILLO L. Los hongos de los alimentos y forrajes. Estructuras fúngicas. P 25-128. [consultado el 1 oct. 2011]. Disponible en [http://www.google.com.co/#hl=es-419&gs\\_nf=1&pq=manual%20de%20barnett%20hongos%20imperfectos&cp=15&gs\\_id=2v&xhr=t&q=leonor+carrillo.+los+hongos+de+los+alimentos+y+forrajes&pf=p&scient=psy-ab&oq=leonor+carrillo&gs\\_l=&pbx=1&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.r\\_qf.&fp=931acadb946635c&biw=1366&bih=624](http://www.google.com.co/#hl=es-419&gs_nf=1&pq=manual%20de%20barnett%20hongos%20imperfectos&cp=15&gs_id=2v&xhr=t&q=leonor+carrillo.+los+hongos+de+los+alimentos+y+forrajes&pf=p&scient=psy-ab&oq=leonor+carrillo&gs_l=&pbx=1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.&fp=931acadb946635c&biw=1366&bih=624)
20. COMÉRA, C. ANDRÉ, K. LAFFITTE, J. COLLET, X. GALTIER, P. MARIDONNEAU-PARINI, I. Gliotoxin from *Aspergillus fumigatus* affects phagocytosis and the organization of the actin cytoskeleton by distinct signaling pathways in human neutrophils. En: Microbes and Infection [en línea]. Vol. 9 N° 1 (2006) [consultado el 10 de oct. 2009]. Disponible en: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VPN-4MJJMXD-2&\\_user=10&rdoc=1&fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1045594787&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=c34dfe99029857ed035f43b7691791ad](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VPN-4MJJMXD-2&_user=10&rdoc=1&fmt=&_orig=search&_sort=d&docanchor=&view=c&_searchStrId=1045594787&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=c34dfe99029857ed035f43b7691791ad)>



21. CHAO H, J. SCHWARTZ, J. DONALD K, M. BURGE H. Populations and Determinants of Airborne Fungi in Large Office Buildings. En: Environ Health Perspect. [en línea]. Vol. 10 No 8 (2002) [consultado el 29 agosto 2009]. Disponible en <<http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2002/110p777782chao/abstract.html>>
22. CLARK, R.P. Safety cabinets, fume capboards and other containment systems. En: Macher M, A.J. Vesley, D. problema buildings, laboratorios and hospitals. Boca Raton London New York Washinton, D.C. Lewis Publisher, 2011. P.473-525.
23. CLENCH. AAS, J. BARTONOVA, A. GRONSKEI, K. E. WALKER, S.-E. Air pollution exposure monitoring and estimation. (1999). Journal of Environmental Monitoring. 1, 333-336.
24. CSC: Conservación de Sustratos Celulósicos S.L. Desacidificación masiva: el método CSC Book Saber, la solución para un gran reto. [En línea]. Disponible en: <[http://www.cscbooksaver.com/files/dossier\\_CSC.pdf](http://www.cscbooksaver.com/files/dossier_CSC.pdf)>
25. DE ANA, S. G. TORRES-RODRÍGUEZ, J. M. RAMÍREZ, E. A., GARCÍA, S. M. BELMONTE-SOLER, J. (2006). Seasonal distribution of Alternaria, Aspergillus, Cladosporium and Penicillium species isolated in homes of fungal allergic patients. Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology, 16(6), 357-363.
26. DEL PALACIO, A. CUÉTARA M. Guía de bolsillo de la zigomicosis invasora. En: Revista Iberoamericana de Micología [en línea]. (2007). [Consultado el 8 jul. 2012]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/23104878/Micologia-Guia-de-Bolsillo-de-las-Zigomicosis-Invasoras-%C2%A9-Revista-Iberoamericana-de-Micologia-2008>>
27. DOHMH (New York City Department of Health and Mental Hygiene) (2008). [En línea]. Disponible en: <<http://www.nyc.gov/html/doh/downloads/pdf/epi/epi-mold-guidelines-sp.pdf>>
28. DOUWES, P. THORNE, N. PEARCE. Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects J. En: occup. Hyg [en línea] Vol. 47, No. 3, (2003) [consultado 16 oct.2009]. Disponible en <<http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/47/3/187>>



29. ENGELHART, S. GLASMACHER, A. SIMON, A. EXNER, M. Air sampling of *Aspergillus fumigatus* and other thermotolerant fungi: Comparative performance of the Sartorius MD8 airport and the Merck MAS-100 portable bioaerosol sampler. En: International Journal of Hygiene and Environmental Health [en línea] Vol 210, Issue. 6 (2007). [consultado el 13 oct 2009]. Disponible en <  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B7GVY-4MGVPMV-1&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1045640358&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=be6a1f03ddb594e3024d103ca9076a4a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B7GVY-4MGVPMV-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1045640358&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=be6a1f03ddb594e3024d103ca9076a4a)>
30. FALK, B. University of Kansas. (2006) Indoor Air Quality Issues at a Rare Books Library. Greenguard Environmental Institute's Ken Dillon Memorial Fellowship.
31. FANG, Z. ZHIYUN, O. LIFENG, H. XIAOKE, W. HUA, Z. Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China. En: Science of The Total Environment. [en línea]. Vol. 350, No 1-3, (2005). [consultado 16 mar.2010]. Disponible en <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969705000744>>
32. FERNÁNDEZ PINTO V, VAAMONDE G. Hongos productores de micotoxinas. En: Rev. Arg. Microbiol. 28:147-162 (1996) [consultado el 12 de jun. 2011]. Disponible en <  
<http://salud.ciee.flacso.org.ar/files/flacso/Concepcion/pdf/anteriores/Guia2A.pdf>>
33. EBEL, F. SCHWIENBACHER, M. BEYER, J. Analysis of the regulation, expression, and localisation of the isocitrate lyase from *Aspergillus fumigatus*, a potential target for antifungal drug development. En Fungal Genet Biol. [en línea] N°476-89 (2006) [consultado el 8 oct 2009]. Disponible en <  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16603391>>
34. GALLO, F. Aerobiological research and problems in libraries. En: Aerobiología. Vol. 9, (1993). N° 2-3. 117-130.
35. GARCIA, N. ARAUJO, I. FERNANDEZ, M. SALCEDO, Willy. CÁRDENAS, Carmen. FERNÁNDEZ, Janice. *et al.* Calidad microbiológica y fisicoquímica del aire en tres laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad



- del Zulia. CIEN. [en línea]. (2005), vol.13, no.2 [citado 11 Octubre 2009], p.182-192. Disponible en la World Wide Web: <[http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-20762005006000005&lng=es&nrm=iso](http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-20762005006000005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1315-2076.
36. GIRALDO CASTRILLON, M. TORRES GONZALES, C. DIAZ ORTIZ, J. Aislamiento de hongos celulolíticos causantes del biodeterioro de la Biblioteca Central de la Universidad del Valle (Cali-Colombia). En: Rev. Mex. Mic [en línea]. vol.29, pp. 9-14. (2009). [Consultado el 8 jul. 2012]. Disponible en <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000100003)>.
37. GÓMEZ, A. ZARANTE, I. MARTÍNEZ, J. VALDIVIESO, M. RUBIO, L. TARAZONA. G. P, Sánchez MEDINA, M. Evaluación de alérgenos presentes en polvo y ambiente de algunas bibliotecas de Bogotá, D.C. Universitas médica. [en línea]. Vol. 46 No.1, p. 13-20 (2005). [Consultado el 8 jul. 2012]. Disponible en <<http://med.javeriana.edu.co/publi/vniversitas/serial/v46n1/evaluaci%F3n%202.pdf>>
38. GUIAMET, P. LAVIN, P. GÓMEZ, A. GÓMEZ DE SARAVIA, S. Biodeterioro En Acervos Documentales: Incidencia Del Ambiente. 2do. Congreso Iberoamericano y X Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio". 16 de Sep (2011) [en línea] [consultado el 10 Mar 2012]. Disponible en < <http://www.coibrecopa.com.ar/cd/Topico2/T2-04.pdf> >
39. GUARDINO SOLÁ, X. Calidad del aire interior enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. [en línea] (2011) [Consultado el 7 jul. 2012]. Disponible en: <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/44.pdf> >
40. HARTUNG, C. RODRÍGUEZ, P. Frecuencia de hongos en el ambiente de dos bibliotecas en Venezuela. Vol. 16, N° 2 (1996). [en línea]. [Consultado el 5 de Julio 2011]. Disponible en <<http://servicio.bc.uc.edu.ve/fcs/vol3n1/3estu.pdf>>
41. HERNANDEZ CALLEJA A. NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración. Instituto. Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo. [en línea]. (2009) [Consultado el 5 de Julio 2012]. Disponible en <



[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_409.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_409.pdf) >

42. HERRERA, K. Estudio micológico en el aire de áreas ocupacionales y exteriores de la facultad de ciencias químicas y farmacias y otras áreas de la universidad de San Carlos de Guatemala. [en línea]. (2008) [consultado el 25 febrero de 2012]. Disponible en <[glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202007.40.pdf](http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202007.40.pdf)>
43. HERRERA, K. Impacto de la calidad microbiológica del aire externo en el ambiente interno en la salud del personal de cuatro laboratorios de instituciones públicas en la ciudad de Guatemala y Bárcenas Villa Nueva. [en línea]. (2009). [consultado el 20 febrero de 2012]. Disponible en <<http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202008.02.pdf>>
44. HIDALGO CERITO, Y. SOFÍA BORREGO, A. Aislamiento y caracterización de hongos en documentos de la Biblioteca Nacional "José Martí". [en línea] Enero (2006). No 2. [consultado el 10 oct. 2009]. Disponible en <<http://www.google.com.co/search?hl=es&source=hp&q=Aislamiento+y+caracterizaci%C3%B3n+de+hongos+en+documentos+de+la+Biblioteca+Nacional+Jos%C3%A9+Mart%C3%AD+Bibliotecas&btnG=Buscar+con+Google&meta=&aq=f&oq=>>>
45. HURST, C. Manual of Environmental Microbiology (2007).
46. KENNETH, R. FENELL, D. The genus *Aspergillus*. Publishing Company. Huntington, New York (1997).
47. Lineamientos para la formulación de la política integral de Salud Ambiental, con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química. CONPES 3550. Bogotá D.C. (2008)
48. MARTÍNEZ REY, F. CEÑA CALLEJO, R. Edificios saludables para trabajadores sanos calidad de ambientes interiores edición Junta de Castilla y León Consejería de Economía y Empleo Instituto Interuniversitario. [en línea]. Dic. (2006) [consultado el 20 Jul. 2012]. Disponible en <[http://www.trabajoyprevencion.jcyl.es/web/jcyl/binarios/816/48/Edificios\\_saludables\\_1parte.pdf?blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8&blobheadername1=Cache-Control&blobheadername2=Expires&blobheadername3=Site&blobheadervalue1=no-store%2Cno-cache%2Cmust-](http://www.trabajoyprevencion.jcyl.es/web/jcyl/binarios/816/48/Edificios_saludables_1parte.pdf?blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8&blobheadername1=Cache-Control&blobheadername2=Expires&blobheadername3=Site&blobheadervalue1=no-store%2Cno-cache%2Cmust-)>



revalidate&blobheadervalue2=0&blobheadervalue3=Portal\_TrabajoYPreven  
cion&blobnocache=true >

49. MEDINA, L. TUOZZO, A. HERRERA, J. PEROZO, Y. GONZÁLEZ, L. Estudio de hongos en bibliotecas de la Universidad de Carabobo-Valencia. [en línea]. VOL. 3, N° 1. (1999). [consultado el 27 sep 2009]. Disponible en <<http://servicio.cid.uc.edu.ve/fcs/vol3n1/3estu.pdf>>
50. MONTEJO, M. Infección invasora por *Aspergillus* y otros hongos filamentosos en enfermos con trasplante de órgano sólido. En: Rev Iberoam Micol. [en línea]. 19: 9-1219: 9-8 (2002). [consultado el 20 de Mayo 2012]. Disponible en <<http://www.reviberoammicol.com/2002-19/009012.pdf>>
51. MULLINS, J. Microorganisms in outdoor air. In Microorganisms in home and indoor work environments, eds. B. Flannigan, R. A. Samson, D. J. Miller, Taylor. Francis. London, pp. 3-16 (2001).
52. MURILLO MOLINA, V. Micología – conocimientos. [En línea]. (2011). [Consultado el 27 Jul. 2012] Disponible en <[conocimientos-micologia.blogspot.com/2011\\_02\\_01\\_archive.html](http://conocimientos-micologia.blogspot.com/2011_02_01_archive.html)>
53. NIÑO RAMÍREZ, O. 044 Microbiología - conocimientos.com.ve Microbiología del Aire [en línea]. 19 ene (2011) [Consultado 6 jul. 2012]. Disponible en <<http://conocimientos-microbiologia.blogspot.com/2011/01/microbiologia-del-aire.html>>
54. PASTOR PÉREZ, P. Hojas Informativas Ambisalud. Microbiología del aire. [En línea]. Oct. de (2010). [Consultado 6 jul. 2012]. Disponible en <<http://www.ambisalud.es/boletines/HIA-06%20MICROBIOLOGIA.pdf>>
55. PRINCE LARA, A. Presencia de flora fúngica en áreas internas del Hospital, Puerto Cabello, Estado Carabobo. En Academia Biomedical Digital [en línea] N° 38 (2009). [consultado el 1 oct 2009]. Disponible en <[http://vitae.ucv.ve/pdfs/VITAE\\_2604.pdf](http://vitae.ucv.ve/pdfs/VITAE_2604.pdf)>
56. RIVAS, F. VARELA, H. GONZALES, G. VOLPE, D. ALMEIDA, A. LOPERENA, L. estudio de la Calidad Microbiológica del Aire Interior de la Facultad de Ingeniería. En: Departamento de Bioingeniería [en línea]. (2005) [consultado 13 agos.2009]. Disponible en <<http://www.fing.edu.uy/servadm/plandeobras/aire2005.pdf>>



57. SÁNCHEZ MONEDERO, M. A. ROIG, A. CAYUELA, M. L. STENTIFORD, E. I. Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. En: Revista Académica de Ingeniería. [en línea]. Vol. 10, No. 001 (2006). [Consultado 7 jun. 2012]. Disponible en <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/467/46710104.pdf>>
58. SANFELIU, T. VIDAL, J. BOIX, A. Contaminación y medio ambiente: Santiago de Chile-Castellon en: Publicaciones de la Universitat Jaume I, D.L. [en línea]. (2005) [consultado 23 de Mayo 2012]. Disponible en <[http://books.google.com.co/books/about/Contaminaci%C3%B3n\\_y\\_Medio\\_Ambiente\\_Santiago.html?id=xMnDZqgiifwC&redir\\_esc=y](http://books.google.com.co/books/about/Contaminaci%C3%B3n_y_Medio_Ambiente_Santiago.html?id=xMnDZqgiifwC&redir_esc=y)>
59. SINGH, A. MEENAKSHI GANGULI, A.B. Singh. Fungal spores are an important component of library air. *Aerobiologia* (1995). Vol. 11. p. 231-237.
60. SOLÍS CAJAS, E. Estudio Micológico del aire en áreas ocupacionales y exteriores del laboratorio de investigación en productos naturales ubicado en el edificio T-10 en la ciudad universitaria en zona 12 y el laboratorio ubicado en la zona 1 del centro de información y asesoría toxicológica del departamento de toxicología de la facultad de ciencias químicas farmacia de la universidad de San Carlos de Guatemala, (2011), 18 p. Proyecto de Investigación (Químico Biólogo). Universidad de San Carlos de Guatemala. facultad de ciencias químicas farmacia [Consultado el 6 de jun. 2012]. Disponible en <[biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3102.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3102.pdf)>
61. SOTO, T. GARCÍA MURCIA, R M. FRANCO, A. VICENTE-SOLER, J. CANSADO J. GACTO, M. Indoor airborne microbial load in a Spanish university (University of Murcia, Spain). En: *Anales de Biología*. [en línea]. 31: 109-115, (2009). [consultado el 13 oct 2009]. Disponible en [http://www.um.es/analesdebiologia/numeros/31/PDF/31\\_2009\\_16.pdf](http://www.um.es/analesdebiologia/numeros/31/PDF/31_2009_16.pdf)
62. STRYJAKOWSKA, M. SEKULSKA, A. PAJAK, PIOTRASZEWSKA. SZYSZKA, A. NOWICKI, M. FILIPIAK, M. Microbiological Quality of Indoor Air in University Rooms. En: *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 16, No. 4 (2007), p. 623-632. [En línea] [Consultado el 4 Jun. 2012] Disponible en <http://www.pjoes.com/pdf/16.4/623-632.pdf>
63. TOLOZA MORENO, D. LIZARAZO FORERO, L. Aeromicrobiología del archivo central de la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá). [en línea]. Vol.16, No.1, (2011). [consultado el 11 abr.



2010]. Disponible en  
<http://www.revista.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/12385/21573>

64. TRIPATHI, R.N. Fungal air-spora inside the Central Library of Gorakhpur University. *Water, Air, and Soil Pollution*. [en línea] Vol. 34, p. 125-134 (1987). [consultado el 12 abr. 2010]. Disponible en <http://rd.springer.com/article/10.1007/BF00184755>
65. VALDEZ, A. Capítulo II: Control Aerobiológico. *Instalaciones Hospitalarias Bioingeniería* (2008). p. 4 [consultado el 22 de jun. 2012] Disponible en < [dea.unsj.edu.ar/ihospitalarias/Acondicionamiento%20de%20aire2.pdf](http://dea.unsj.edu.ar/ihospitalarias/Acondicionamiento%20de%20aire2.pdf) >
66. VELEZ PEREIRA, A. Evaluación de las Partículas Viables Biológicas emitidas desde el Relleno Sanitaria Palangana del Distrito de Santa Marta, Colombia (2008), tesis (Ingeniero ambiental y sanitario). Universidad del Magdalena.



## ANEXOS

### Cuantificación de concentración de aerosoles fungi en bibliotecas públicas

Tabla 3 Concentración en UFC/m<sup>3</sup> de aerosoles fungi en la biblioteca de CAJAMAG

Jornada	Estación	Intervalo	C1	C2	C3	C4	C5	Promedio Geométrico
Mañana	S1	1	247,35	26,50	0,00	0,00	26,50	55,80
	S2	1	66,25	22,08	0,00	13,25	57,42	32,48
	S1	2	92,76	13,25	0,00	4,42	30,92	20,24
	S2	2	300,35	17,67	0,00	22,08	22,08	40,11
	S1	3	17,67	22,08	0,00	8,83	44,17	19,75
	S2	3	92,76	39,75	4,42	4,42	70,67	21,94
	S1	4	26,50	26,50	13,25	4,42	26,50	16,12
Tarde	S2	4	30,92	8,83	4,42	17,67	30,92	14,58
	S1	1	273,85	22,08	4,42	17,67	44,17	29,09
	S2	1	97,17	17,67	4,42	8,83	22,08	17,14
	S1	2	119,26	79,51	13,25	NM	35,34	45,90
	S2	2	17,67	61,84	8,83	NM	44,17	25,55
	S1	3	61,84	35,34	4,42	8,83	22,08	17,99
	S2	3	128,09	26,50	8,83	13,25	39,75	27,52
S1	4	44,17	26,50	4,42	8,83	22,08	15,88	
S2	4	13,25	17,67	0,00	26,50	30,92	20,93	

Tabla 4 Concentración en UFC/m<sup>3</sup> de aerosoles fungi en la biblioteca GAIRA

Jornada	Estación	Intervalo	C1	C2	C3	C4	C5	Promedio Geométrico
Mañana	S1	1	39,75	39,75	468,20	207,60	114,84	112,02
	S2	1	128,09	70,67	627,21	357,77	97,17	181,58
	S1	2	123,67	92,76	260,60	132,51	172,26	146,83
	S2	2	362,19	35,34	353,36	101,59	128,09	142,54
	S1	3	48,59	61,84	212,01	97,17	167,84	100,77
	S2	3	61,84	53,00	145,76	97,17	83,92	82,82
	S1	4	256,18	26,50	189,93	97,17	366,61	135,65
Tarde	S2	4	132,51	39,75	273,85	163,43	114,84	122,04
	S1	1	44,17	48,59	106,01	70,67	132,51	73,40
	S2	1	79,51	48,59	88,34	114,84	66,25	76,36
	S1	2	92,76	48,59	167,84	114,84	119,26	100,71
	S2	2	35,34	106,01	110,42	119,26	57,42	77,70
	S1	3	132,51	61,84	92,76	97,17	101,59	94,42
	S2	3	101,59	48,59	92,76	101,59	75,09	81,03
S1	4	123,67	30,92	569,79	318,02	53,00	129,72	
S2	4	132,51	39,75	1197,00	110,42	110,42	150,37	

C1, C2, C3, C4, C5: Campaña 1, Campaña 2, Campaña 3, Campaña 4, y Campaña 5



## INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

**Tabla 5** Concentración en UFC/m<sup>3</sup> de aerosoles fungi en la biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA

Jornada	Estación	Intervalo	C1	C2	C3	C4	C5	Promedio Geométrico
Mañana	S1	1	26,50	17,67	35,34	0,00	22,08	24,59
	S2	1	39,75	17,67	70,67	0,00	30,92	35,20
	S1	2	44,17	8,83	101,59	0,00	17,67	28,93
	S2	2	44,17	17,67	114,84	17,67	13,25	29,13
	S1	3	22,08	8,83	44,17	8,83	4,42	12,74
	S2	3	8,83	13,25	44,17	39,75	4,42	15,55
	S1	4	30,92	39,75	57,42	17,67	8,83	25,61
	S2	4	26,50	13,25	79,51	44,17	0,00	33,32
Tarde	S1	1	53,00	8,83	30,92	26,50	8,83	20,23
	S2	1	39,75	30,92	30,92	4,42	8,83	17,15
	S1	2	75,09	0,00	30,92	4,42	4,42	14,59
	S2	2	35,34	13,25	26,50	17,67	30,92	23,24
	S1	3	NM	4,42	48,59	4,42	30,92	13,08
	S2	3	NM	4,42	8,83	8,83	17,67	8,83
	S1	4	NM	17,67	48,59	4,42	22,08	17,01
	S2	4	NM	8,83	0,00	8,83	17,67	11,13

NM: No monitoreado

Las concentraciones de cero (0,00) corresponden a cajas Petri en las que no se reportó crecimiento de aerosoles fungi

C1, C2, C3, C4, C5: Campaña 1, Campaña 2, Campaña 3, Campaña 4, y Campaña 5.



Identificación de grupos de aerosoles fungi en bibliotecas públicas

Tabla 6 Concentración de los géneros de aerosoles fungi identificados en la biblioteca CAJAMAG, UFC/m<sup>3</sup>

Jornada	Género	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3		Campaña 4		Campaña 5	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
MAÑANA	<i>Cladosporium</i>	35,34	53,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	26,50	13,25	61,84
	<i>Penicillium</i>	256,18	181,10	8,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	17,67	35,34
	<i>Torula</i>	17,67	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Aspergillus</i>	83,92	269,43	44,2	70,7	13,3	8,83	26,50	70,67	66,25	75,09
	<i>Chrysonilia</i>	17,67	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Cunninghamella</i>	8,83	8,83	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	8,83
	<i>Cigomicetes</i>	0,00	8,83	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Paecilomyces</i>	0,00	0,00	8,8	17,7	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	8,83	0,00
TARDE	<i>Aspergillus</i>	556,54	75,09	88,3	172,3	35,3	26,50	17,67	106,01	66,25	75,09
	<i>Geotrichem</i>	0,00	8,83	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Penicillium</i>	167,84	203,18	8,8	8,8	0,0	0,00	0,00	0,00	17,67	35,34
	<i>Chrysonilia</i>	8,83	0,00	17,7	8,8	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Cladosporium</i>	9,83	35,34	0,0	0,0	0,0	0,00	17,67	0,00	17,67	35,34
	<i>Eurotium</i>	0,00	8,83	8,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Cunninghamella</i>	0,00	0,00	8,8	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Paecilomyces</i>	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	8,83	0,00	0,00
	<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,83



INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Tabla 7 Concentración de los géneros de aerosoles fungi identificados en la biblioteca GAIRA, UFC/m<sup>3</sup>

JORNADA	GENERO	CAMPAÑA 1		CAMPAÑA 2		CAMPAÑA 3		CAMPAÑA 4		CAMPAÑA 5	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
MAÑANA	<i>Aspergillus</i>	119,26	189,93	114,84	150,18	525,62	256,18	348,94	569,79	622,79	238,52
	<i>Chrysonilia</i>	8,83	17,67	17,67	17,67	8,83	0,00	0,00	8,83	0,00	0,00
	<i>Penicillium</i>	92,76	304,77	26,50	8,83	8,83	110,42	106,01	163,43	0,00	0,00
	<i>Cladosporium</i>	238,52	362,19	0,00	0,00	26,50	278,27	26,50	0,00	26,50	0,00
	<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	684,63	693,46	198,76	0,00	17,67	0,00
TARDE	<i>Aspergillus</i>	159,01	114,84	163,43	123,67	666,96	1201,41	251,77	327,86	181,10	185,51
	<i>Cunninghamella</i>	8,83	0,00	0,00	0,00	35,34	8,83	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Penicillium</i>	150,18	141,34	0,00	8,83	97,17	44,17	70,67	128,09	0,00	0,00
	<i>Cladosporium</i>	70,67	83,92	0,00	0,00	141,34	79,51	35,34	88,34	0,00	8,83
	<i>Chrysonilia</i>	0,00	8,83	8,83	8,83	8,83	0,00	17,67	8,83	0,00	0,00
	<i>Paecylomices</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,83	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	8,83	0,00	340,11	110,42	17,67	0,00	0,00	0,00



Tabla 8 Concentración de los géneros de aerosoles fungi identificados en la biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA, UFC/m<sup>3</sup>

Jornada	Género	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3		Campaña 4		Campaña 5	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
MAÑANA	<i>Cladosporium</i>	61,84	75,09	0,00	0,00	35,34	44,17	0,00	26,50	8,83	0,00
	<i>Penicillium</i>	48,59	0,00	26,50	8,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Aspergillus</i>	22,08	44,17	79,51	66,25	260,60	167,84	26,50	75,09	66,25	61,84
	<i>Paecilomyces</i>	8,83	8,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Mucor</i>	8,83	8,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Cunninghamella</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,83	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Chrysonilia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,83	17,67	0,00	0,00
	<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	30,92	70,67	0,00	0,00	0,00	0,00
TARDE	<i>Cladosporium</i>	110,42	70,67	0,00	0,00	26,50	8,83	0,00	0,00	0,00	8,83
	<i>Penicillium</i>	0,00	26,50	17,67	8,83	8,83	0,00	0,00	0,00	26,50	17,67
	<i>Aspergillus</i>	48,59	44,17	8,83	22,08	83,92	70,67	35,34	44,17	110,42	53,00
	<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	61,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Variaciones de las concentraciones de aerosoles fungi a partir de las condiciones ambientales en bibliotecas públicas

Tabla 9 Máximos y Mínimos de temperatura y humedad por campaña biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA.

Campaña	T máx	T mín	HR máx	HR mín	T Prom	HR Prom	T desvest	HR desvest
1	26.65	22.56	60.47	60.47	24.31	24.31	1.26	4.11
2	28.32	22.90	58.62	45.08	24.57	24.57	1.08	1.88
3	30.70	24.05	66.92	44.85	25.08	50.42	1.34	4.11
4	29.62	23.14	63.78	47.99	24.24	52.50	1.42	3.14
5	30.10	24.90	87.70	34.70	27.08	27.08	1.19	7.05

Tabla 10 Máximos y Mínimos de temperatura y humedad por campaña biblioteca CAJAMAG

Campaña	T máx	T mín	HR máx	HR mín	T Prom	HR Prom	T desvest	H desvest
1	31.77	27.70	69.59	57.93	30.43	61.69	0.83	2.17
2	28.52	24.82	60.06	45.07	26.77	52.18	1.30	3.80
3	31.15	23.86	63.84	44.12	24.81	47.99	1.33	3.26
4	29.34	23.57	66.06	39.34	24.41	49.90	0.82	3.24
5	26.00	22.30	70.50	41.40	22.94	46.26	0.88	3.32

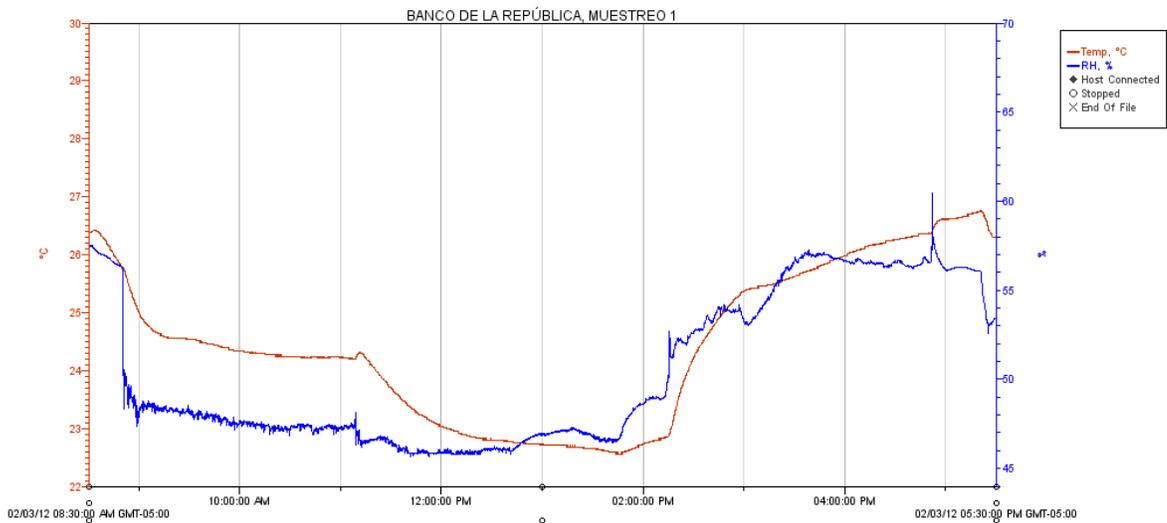
Tabla 11 Máximos y Mínimos de temperatura y humedad por campaña biblioteca GAIRA

Campaña	T máx	T mín	HR máx	HR mín	T Prom	HR Prom	T desvest	HR desvest
1	33.13	30.74	64.38	57.18	32.40	63.74	761.56	1.93
2	31.99	29.11	63.39	56.06	31.17	63.32	818.52	1.86
3	32.12	29.04	69.51	58.35	30.80	62.61	793.05	2.30
4	32.25	30.24	64.24	1.00	31.67	64.20	580.89	1.72
5	34.70	30.60	64.90	52.40	33.51	64.80	1.11	3.25

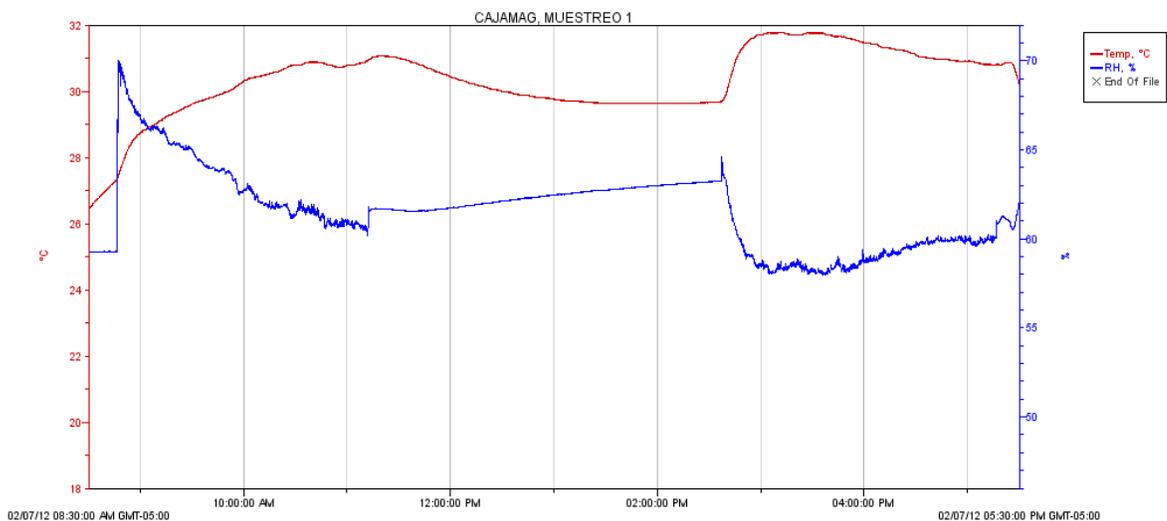


**Graficas de las variaciones de las concentraciones de aerosoles fungi a partir de las condiciones ambientales en bibliotecas públicas arrojadas por el equipo Hobo Datalogger.**

Descripción de los datos obtenidos a partir de las mediciones de Humedad Relativa (RH) y Temperatura (T) (desde la figura 25 hasta la figura 39).



**Figura 25 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 1 biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA**



**Figura 26 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 1 biblioteca CAJAMAG**



# INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

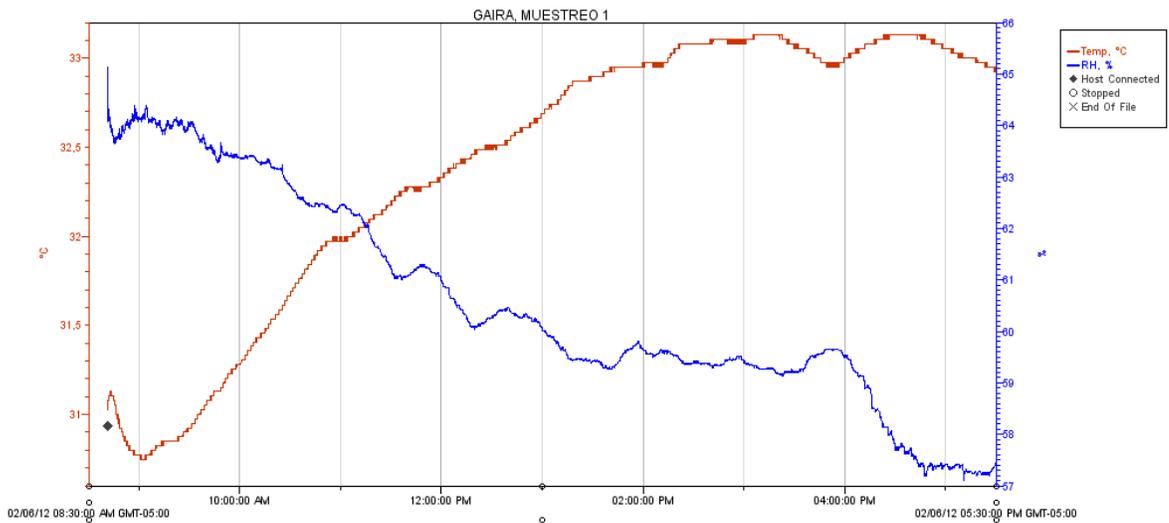


Figura 27 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 1 biblioteca GAIRA

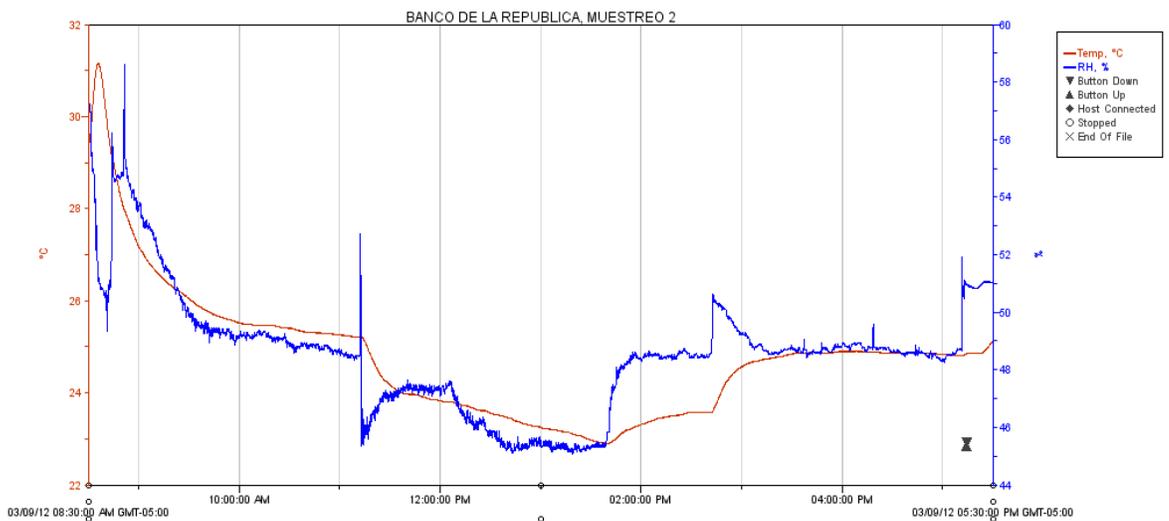


Figura 28 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 2 biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA

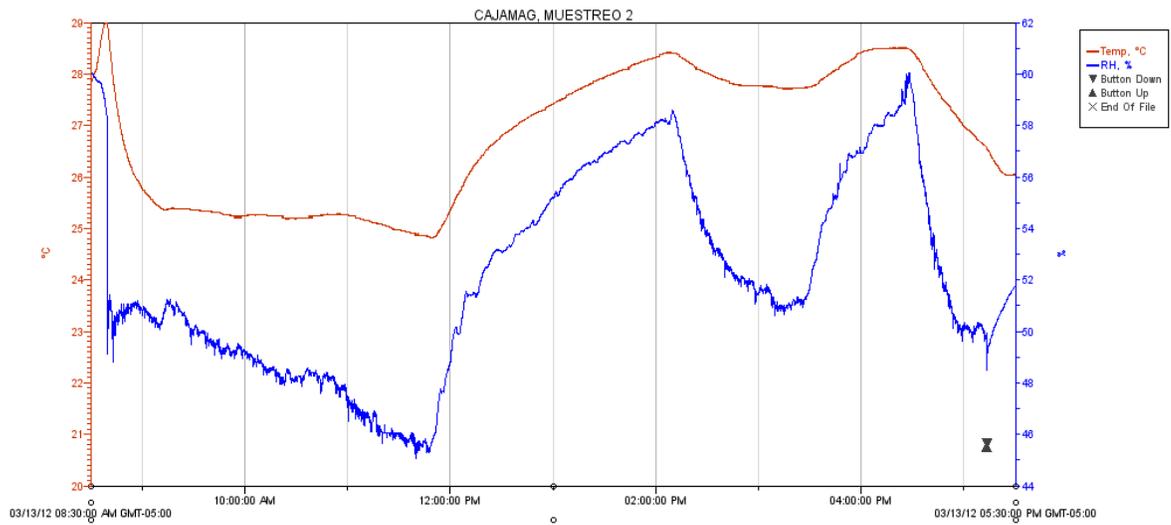


Figura 29 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 2 biblioteca CAJAMAG

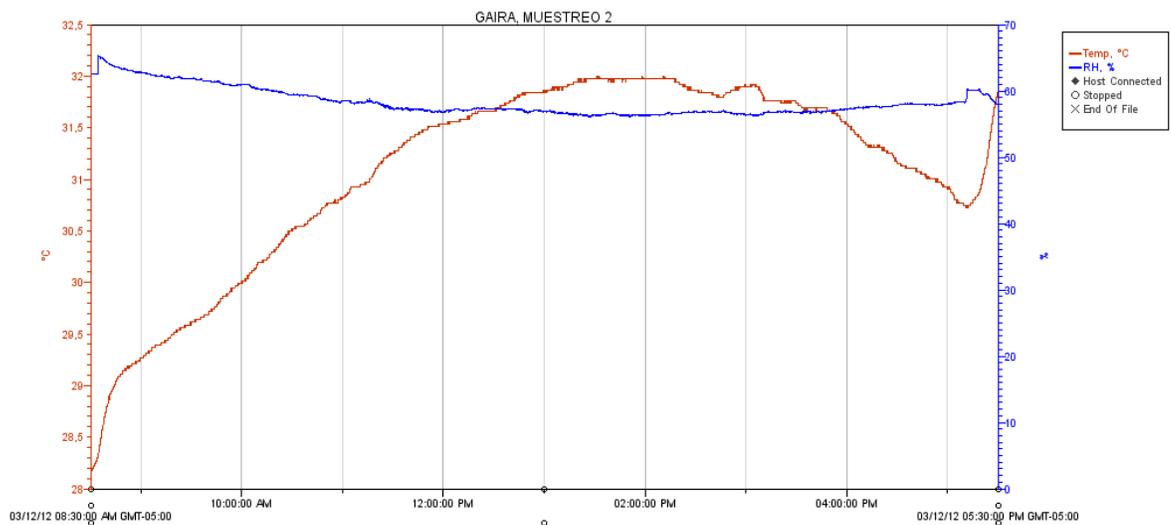


Figura 30 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 2 biblioteca GAIRA

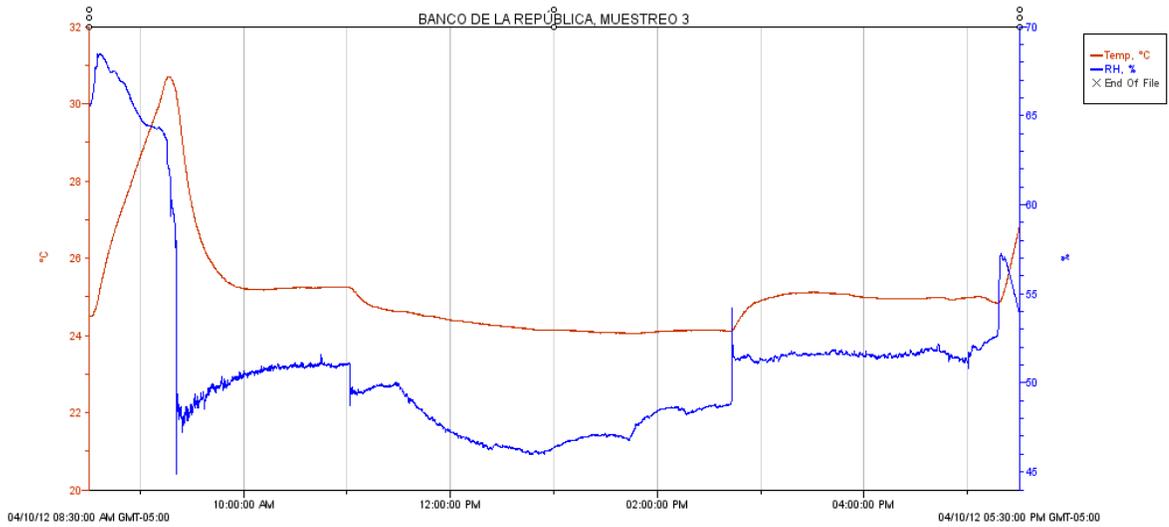


Figura 31 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 3 biblioteca BANCO DE REPÚBLICA

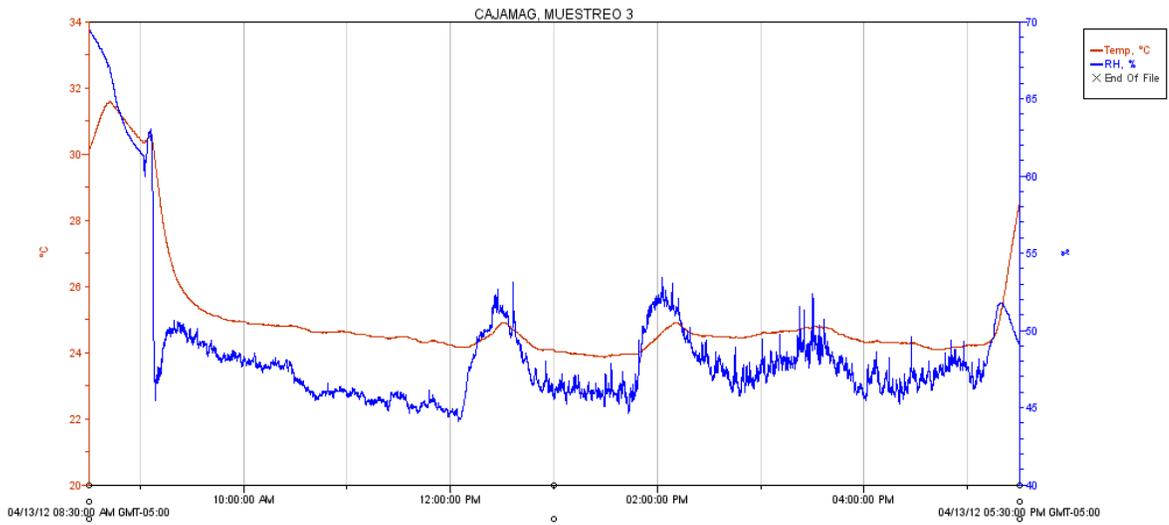


Figura 32 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 3 biblioteca CAJAMAG



## INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

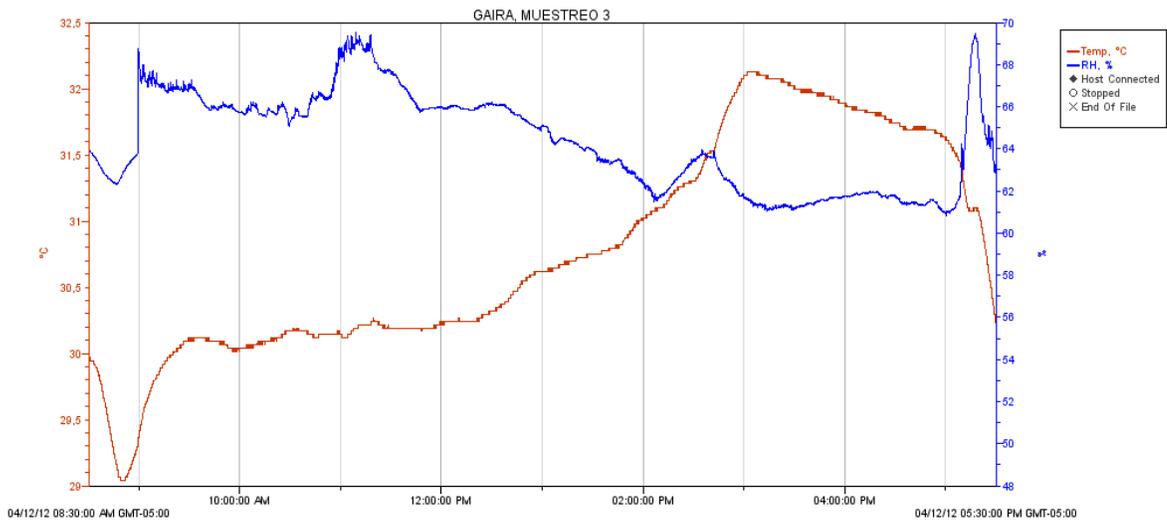


Figura 33 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 3 biblioteca GAIRA

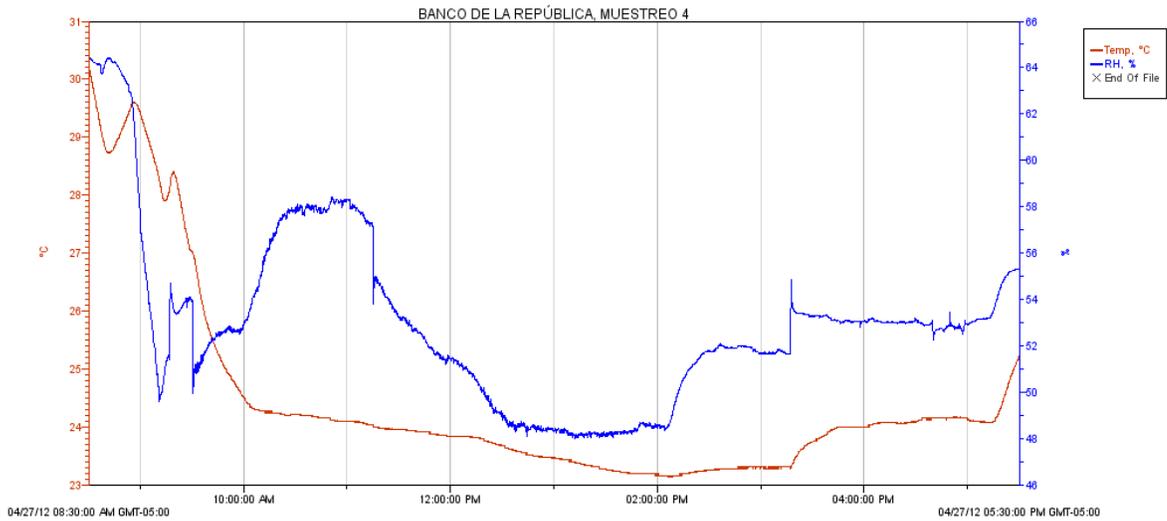


Figura 34 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 4 biblioteca BANCO DE LA REPÚBLICA



# INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

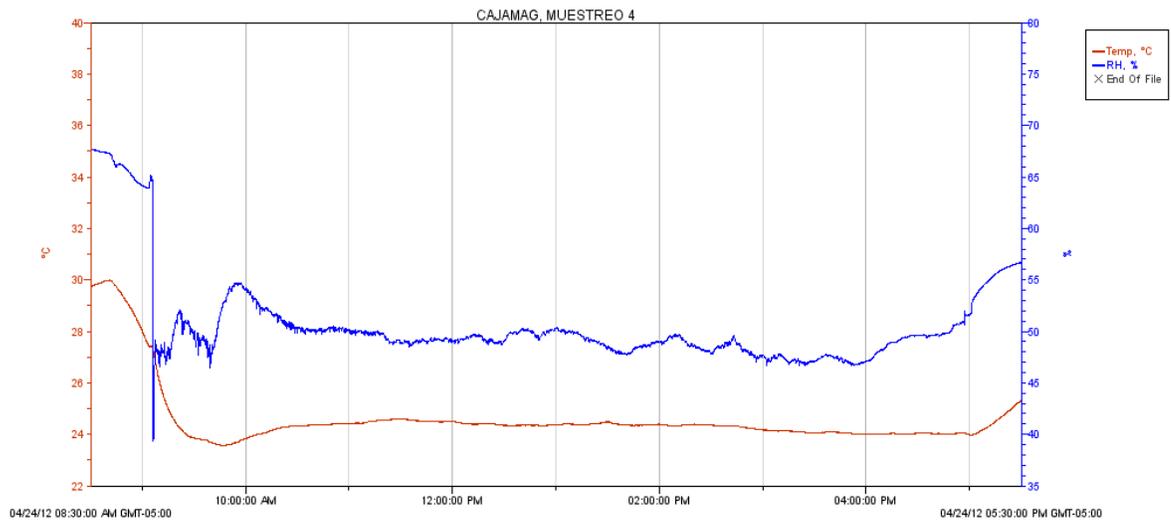


Figura 35 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 4 biblioteca CAJAMAG

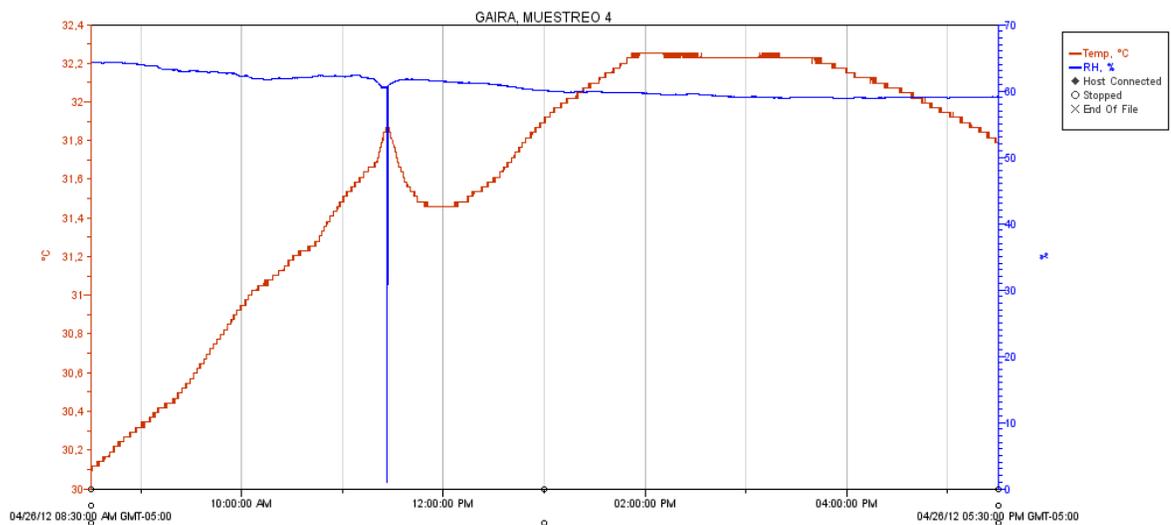
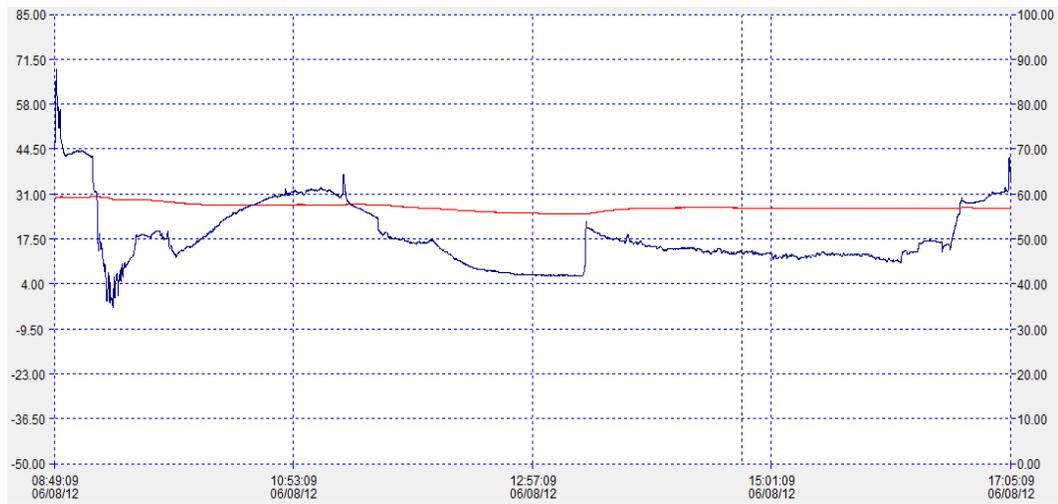
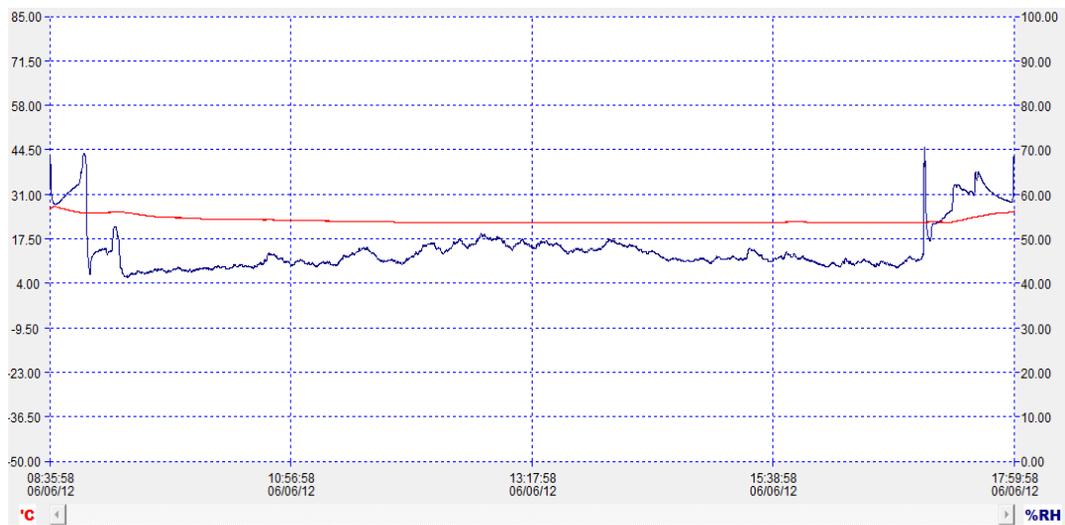


Figura 36 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 4 biblioteca GAIRA



**Figura 37 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 5 biblioteca BANCO DE LA REPUBLICA**



**Figura 38 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 5 biblioteca CAJAMAG**



Figura 39 Humedad Relativa y Temperatura en la campaña 5 biblioteca GAIRA



**CORRELACION DE UFC VS TEMPERATURA Y HUMEDAD**

**Tabla 12 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para CAJAMAG**

<i>Modelo</i>	<i>Correlación</i>	<i>R-Cuadrada</i>
Cuadrado de X	0.3549	12.59%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0.3497	12.23%
Lineal	0.3495	12.21%
Raíz Cuadrada de X	0.3463	11.99%
Logaritmo de X	0.3429	11.76%
Raíz Cuadrada de Y	0.3424	11.72%
Raíz Cuadrada Doble	0.3382	11.44%
Inversa de X	-0.3352	11.23%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0.3336	11.13%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0.3233	10.45%
Cuadrado Doble	0.2520	6.35%
Cuadrado de Y	0.2489	6.19%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0.2470	6.10%
Cuadrado-Y Log-X	0.2450	6.00%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0.2406	5.79%

**Tabla 13 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para CAJAMAG**

<i>Modelo</i>	<i>Correlación</i>	<i>R-Cuadrada</i>
Cuadrado de X	0.3810	14.51%
Lineal	0.3703	13.71%
Raíz Cuadrada de X	0.3645	13.29%
Logaritmo de X	0.3584	12.85%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0.3548	12.59%
Inversa de X	-0.3454	11.93%
Raíz Cuadrada de Y	0.3429	11.76%
Raíz Cuadrada Doble	0.3363	11.31%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0.3293	10.84%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0.3141	9.86%
Cuadrado Doble	0.2718	7.39%
Cuadrado de Y	0.2657	7.06%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0.2623	6.88%
Cuadrado-Y Log-X	0.2588	6.70%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0.2512	6.31%



INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

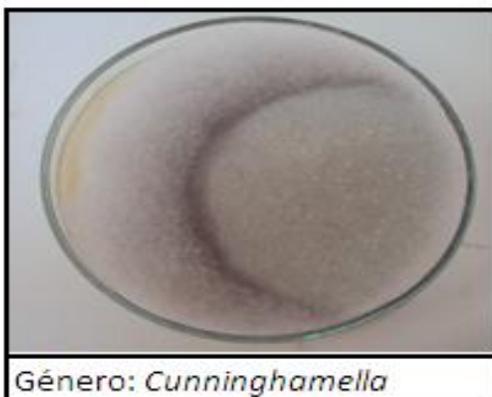
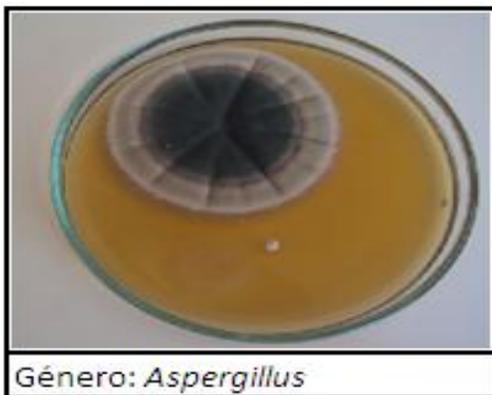
**Tabla 14 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para GAIRA**

<i>Modelo</i>	<i>Correlación</i>	<i>R-Cuadrada</i>
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	0.1580	2.50%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	-0.1577	2.49%
Raíz Cuadrada Doble	-0.1575	2.48%
Raíz Cuadrada de Y	-0.1573	2.47%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	-0.1568	2.46%
Inversa de X	0.1480	2.19%
Logaritmo de X	-0.1475	2.18%
Raíz Cuadrada de X	-0.1473	2.17%
Lineal	-0.1470	2.16%
Cuadrado de X	-0.1465	2.15%
Cuadrado Doble	-0.0776	0.60%
Cuadrado de Y	-0.0769	0.59%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	-0.0766	0.59%
Cuadrado-Y Log-X	-0.0763	0.58%
Cuadrado-Y Inversa de X	0.0756	0.57%

**Tabla 15 Comparación de Modelos Alternos de regresión simple para GAIRA**

<i>Modelo</i>	<i>Correlación</i>	<i>R-Cuadrada</i>
Raíz Cuadrada-Y Cuadrado-X	0.3733	13.93%
Raíz Cuadrada de Y	0.3693	13.64%
Raíz Cuadrada Doble	0.3671	13.48%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0.3648	13.30%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0.3597	12.94%
Cuadrado de X	0.3144	9.88%
Lineal	0.3111	9.68%
Raíz Cuadrada de X	0.3093	9.57%
Logaritmo de X	0.3074	9.45%
Inversa de X	-0.3033	9.20%
Cuadrado Doble	0.1766	3.12%
Cuadrado de Y	0.1762	3.11%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0.1759	3.10%
Cuadrado-Y Log-X	0.1756	3.08%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0.1747	3.05%

Fotografías Macroscópicas De Los Géneros Identificados



Fotografías macroscópicas tomadas por: Hilary Borja y Maryann Muñoz



Géneros: *Aspergillus*, *cladosporium*



Géneros: *Aspergillus*, *Penicillium*



Géneros: *Curvularia*, *Cladosporium*



Género: *Aspergillus*



Género: *Cunninghamella*



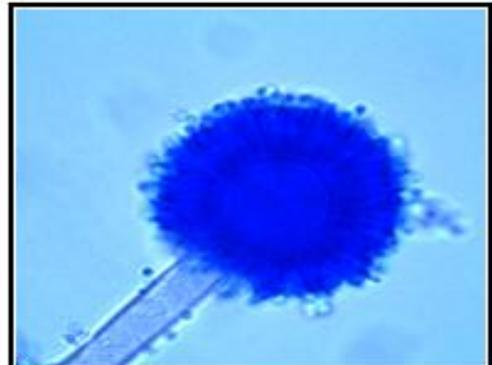
Género: *Aspergillus*

Fotografías macroscópicas tomadas por: Hilary Borja y Maryann Muñoz

Fotografías Microscópicas De Los Géneros Identificados



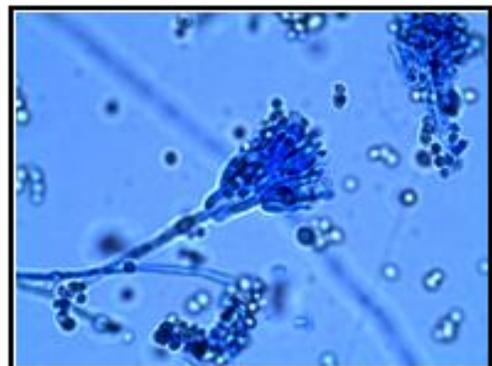
Género: *Aspergillus*



Géneros: *Aspergillus*



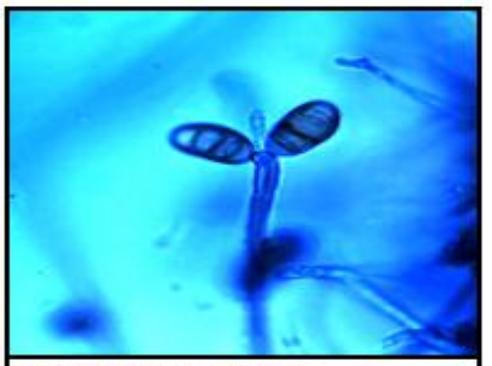
Género: *Cladosporium*



Género: *Penicillum*

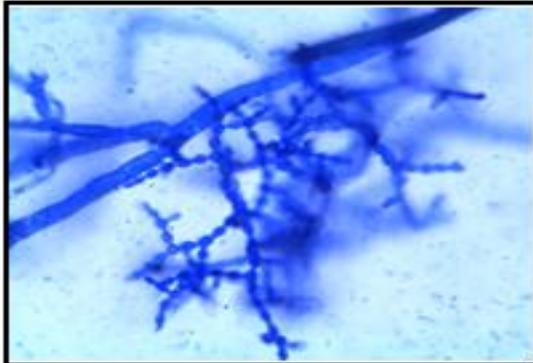


Género: *Cunninghamella*

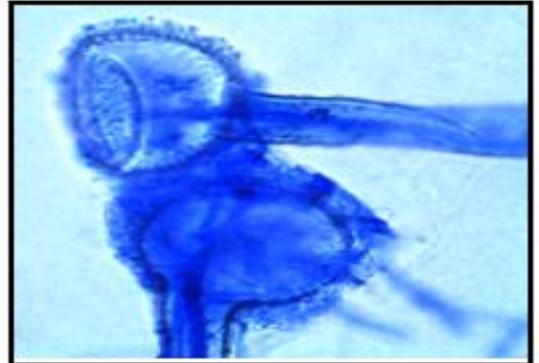


Género: *Curvularia*

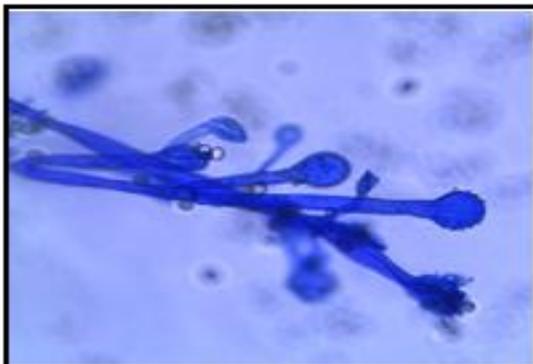
Fotografías microscópicas tomadas por: Ing. Leda Mendoza Sotomayor



Género: *Chrysonilia*



Género: *Mucor*



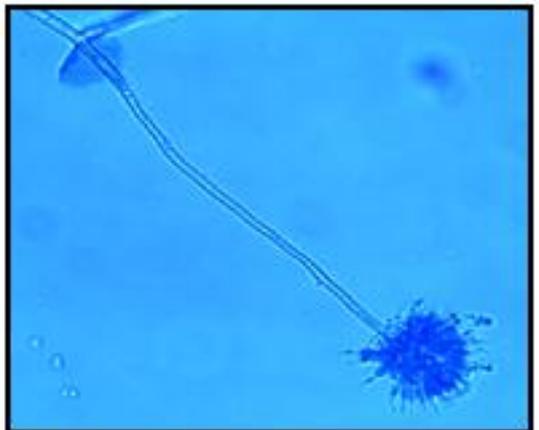
Género: *Cunninghamella*



Género: *Aspergillus*



Género: *Penicillium*



Género: *Aspergillus*