

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**Ciclo Optativo de Profesionalización en  
Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental**



**“ESTUDIO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE  
INTERIOR DE LA BIBLIOTECA AGRÍCOLA NACIONAL (BAN)  
EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
EN BASE A LOS HONGOS AMBIENTALES”**

**Presentado por:**

**Javier Jaimes Albornoz**

**Trabajo de Titulación para Optar el Título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**LIMA – PERÚ  
2014**

## INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	JUSTIFICACIÓN.....	3
III.	OBJETIVOS.....	5
3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	5
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1.	CALIDAD DE AIRE EN INTERIORES.....	6
4.2.	FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS AMBIENTES CERRADOS .....	8
4.2.1.	UNA VENTILACIÓN INADECUADA.....	8
4.2.2.	LA CONTAMINACIÓN INTERIOR.....	8
4.2.3.	LA CONTAMINACIÓN EXTERIOR.....	8
4.2.4.	LA CONTAMINACIÓN DEBIDA A MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	9
4.3.	CONTAMINANTES BIOLÓGICOS .....	10
4.3.1.	AGENTES INFECCIOSOS .....	10
4.3.2.	ANTÍGENOS .....	11
4.3.3.	TOXINAS .....	12
4.4.	AEROBIOLOGÍA.....	14
4.4.1.	DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MICROBIOLOGÍA DEL AIRE .....	14
4.4.2.	AEROMICOLOGÍA .....	15
4.4.3.	MICROORGANISMOS AMBIENTALES .....	15
4.5.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS HONGOS.....	16
4.5.1.	MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN.....	17
4.5.2.	REPRODUCCIÓN.....	18
4.5.3.	CRECIMIENTO.....	18
4.5.4.	NUTRICIÓN.....	19
4.5.5.	CLASIFICACIÓN .....	19
4.6.	FUENTES COMUNES Y TRANSPORTE DE MICROORGANISMOS .....	28
4.7.	VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL NÚMERO Y TIPO DE MICROORGANISMOS TRANSMITIDOS POR EL AIRE.....	29
4.7.1.	VARIABLES FÍSICAS.....	30

4.7.2.	INFLUENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA.....	30
4.7.3.	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.....	31
4.8.	EFFECTOS SOBRE LA SALUD RELACIONADAS CON EL AIRE INTERIOR.....	31
4.8.1.	SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO.....	33
4.9.	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.....	35
4.10.	NORMAS Y REGLAMENTOS.....	36
4.10.1.	NORMATIVA INTERNACIONAL.....	37
4.10.2.	MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES DE ESPAÑA.....	37
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
5.1.	MATERIALES.....	39
5.1.1.	LUGAR.....	39
5.1.2.	MATERIALES PARA LABORATORIO Y MUESTREO.....	39
5.1.3.	EQUIPOS.....	40
5.1.4.	REACTIVOS.....	40
5.1.5.	MEDIO DE CULTIVO.....	40
5.2.	MÉTODOS.....	41
5.2.1.	PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO.....	41
5.2.2.	MUESTREO DEL AIRE.....	41
5.2.3.	MEDICIÓN DE VIENTO.....	43
5.2.4.	MEDIDA DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA.....	43
5.2.5.	RECuento DE COLONIAS.....	43
5.2.6.	CÁLCULOS.....	44
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
VII.	CONCLUSIONES.....	80
VIII.	RECOMENDACIONES.....	82
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	84

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Contaminantes biológicos y sus enfermedades de mayor incidencia.....	13
Cuadro 2: Clasificación de los géneros fúngicos .....	20
Cuadro 3: Sitios de muestreo.....	42
Cuadro 4: Concentración de esporas fúngicas por sitios y fechas de muestreo expresadas UFC/m <sup>3</sup> .....	47
Cuadro 5: Recuento de esporas fúngicas por géneros y sitios de muestreo .....	52
Cuadro 6: Recuento de esporas fúngicas por géneros y sitios de muestreo expresados en UFC/m <sup>3</sup> .....	53
Cuadro 7: Recuento de esporas fúngicas por género en los puntos externos a la BAN.....	54
Cuadro 8: Recuento de esporas fúngicas por género en los puntos externos a la BAN expresadas en UFC/m <sup>3</sup> .....	56
Cuadro 9: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por sitios de muestreo (%) .....	59
Cuadro 10: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por género para los puntos externos a la BAN.....	62
Cuadro 11: Recuento de esporas fúngicas por género y su porcentaje por fechas de muestreo .....	66
Cuadro 12: Correlación de la temperatura ambiente (Tamb) y la humedad relativa (%HR) con la concentración de esporas fúngicas expresados en UFC/m <sup>3</sup> en cada uno de los ambientes internos .....	68

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Concentración de esporas fúngicas por sitios y fechas de muestreo.....	51
Figura 2: Plano de ubicación de la BAN y la dirección predominante del viento.....	58
Figura 3: Frecuencia relativa de esporas fúngicas totales por género (%) .....	60
Figura 4: Frecuencia relativa de esporas fúngicas totales por género y sitio de muestreo..	61
Figura 5: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por género para los puntos externos.....	64
Figura 6: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por género para cada punto externo a la BAN.....	65
Figura 7: Recuento de los cuatro géneros fúngicos más representativos y su porcentaje por fechas de muestreo.....	67
Figura 8: Representación gráfica de la rosa de vientos: 03/10/2011 .....	73
Figura 9: Representación gráfica de la rosa de vientos: 12/10/2011 .....	75
Figura 10: Representación gráfica de la rosa de vientos: 20/10/2011 .....	76
Figura 11: Representación gráfica de la rosa de vientos: 28/10/2011 .....	77
Figura 12: Representación gráfica de la rosa de vientos: 08/11/2011 .....	78
Figura 13: Representación gráfica de la rosa de vientos: 24/11/2011 .....	79

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo N° 1. Resultados totales

Anexo N° 2. Análisis de regresión: UFC vs. Tamb (C°), % HR

Anexo N° 3. Registro fotográfico

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza los hongos ambientales existentes en los diferentes ambientes de la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN) situada en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima, Perú, durante los meses de octubre y noviembre del 2011. La determinación de los hongos ambientales puede ser un parámetro muy importante para evaluar la calidad del aire interna. Las esporas fúngicas se consideran componentes ambientales de las bibliotecas, muchas de ellas son responsables de causar efectos perjudiciales sobre la salud. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de aire interna de la BAN, con el fin de conocer la situación actual y proponer alternativas de mejora. Se tomaron un total de 468 muestras en 13 ambientes de la biblioteca de los cuales 11 son ambientes internos y 2 son externos. La metodología utilizada para detectar las esporas de hongos, fue a través de un equipo muestreador microbial que succiona volúmenes de aire e impregna las esporas en placas petri con un medio de cultivo (Agar Sabouraud), con ello se obtuvo una estimación cualitativa y cuantitativa de la presencia de hongos en estos ambientes; además se midió con un termohigrómetro, la temperatura y humedad relativa de manera simultánea a la toma de muestras en cada ambiente ya que su crecimiento y proliferación de estos microorganismos están relacionados a estas variables. Se identificaron 13 géneros de hongos además de Levaduras, Rhodotorulas y micelios sin esporular, los géneros que se encontraron con mayor frecuencia en los 13 ambientes estudiados fueron, *Cladosporium* (67.85%), *Alternaria* (8.23%), *Penicillium* (5.11%), *Aspergillus* (3.40%) y *Fusarium* (2.41%). La concentración de hongos expresados en UFC/m<sup>3</sup> en los dos ambientes externos fueron mayores a todos los ambientes internos de la biblioteca. Se puede concluir que la BAN presenta condiciones ambientales de temperatura y humedad, que favorecen el crecimiento de hongos.

**Palabras clave:** Hongos ambientales, calidad de aire interna, Humedad relativa, temperatura ambiente.

## ABSTRACT

The present research analyzes the environmental fungi present in the different environments of the National Agricultural Library (BAN) located on the campus of the Universidad Nacional Agraria La Molina in Lima, Peru, during the months of October and November 2011. The determination of airborne fungi may be an important parameter to evaluate the internal air quality. Fungal spores are considered environmental components of libraries, many of which are responsible for causing adverse health effects. The aim of this study was to evaluate the quality of internal air BAN, in order to know the current situation and suggest improvement alternatives. It took a total of 468 samples in 13 rooms of the library which 11 are internal environments and 2 are external. The methodology used to detect fungal spores was through a microbial sampler team that sucks air volumes and permeates the spores in petri dishes with culture medium (Sabouraud agar), thus we obtained a qualitative and quantitative estimation of the presence of fungi in these environments; well was measured with a hygrometer, the temperature and relative humidity simultaneously with the sampling at each temperature as the growth and proliferation of these microorganisms are associated with these variables. Were identified 13 genera of fungi in addition to yeasts, and mycelia *Rhodotorulas* not sporulate, the genera most frequently found in the 13 environments studied were, *Cladosporium* (67.85%), *Alternaria* (8.23%), *Penicillium* (5.11%), *Aspergillus* (3.40%) and *Fusarium* (2.41%). The concentration of fungi UFC/m<sup>3</sup> expressed in both external environments were higher than all the interiors of the library. It can be concluded that the BAN presents environmental conditions of temperature and humidity, which favor the growth of fungi.

**Keywords:** Environmental fungi, indoor air quality, relative humidity, ambient temperature.

## I. INTRODUCCIÓN

El medio ambiente humano no puede limitarse solo a la atmósfera libre dado que la mayor parte de las personas pasan gran parte de su tiempo en espacios interiores ya sea en residencias, restaurantes, lugares de trabajo, de estudio, de entretenimiento, medios de transporte, entre otros. Diversos estudios realizados por la Agencia de Protección Medio ambiental de los Estados Unidos (EPA) sobre la exposición de humanos a los contaminantes del aire, indican que los niveles de contaminación en ambientes cerrados son entre 2 a 5 y en algunos casos 100 veces más concentrados que los niveles presentes en el aire exterior. Lo cual asociado 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. Estos resultados son de mucha importancia según lo mencionado anteriormente, ya que la mayoría de las personas pasan cerca del 90% de su tiempo en el interior de recintos cerrados (EPA, 2005).

La calidad del aire en espacios cerrados o intradomiciliarios, es uno de los factores más importantes en la calidad de vida de las personas puesto que pasamos del 80 al 90% de nuestro tiempo en estos espacios (Caballero *et al.*, 2007).

Es de conocimiento general que la polución del aire exterior puede afectar la salud de los individuos, sin embargo, el aire existente en el interior de los edificios también puede generar efectos perjudiciales sobre la salud, tales como jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos (EPA, 1991).

En la calidad del aire interior inciden factores físicos (temperatura, humedad relativa, corrientes de aire, etc.), factores químicos (concentración de gases por ejemplo: dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxidos de azufre, radón, etc.) y factores microbiológicos (hongos, bacterias, virus, etc.). Además el grado de contaminación microbiana en estos ambientes está influenciado por la frecuencia de ventilación, el número de personas presentes en la sala, la naturaleza y el grado de las actividades que las mismas desempeñan (De La Rosa *et al.*, 2000).

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad realizar la evaluación de la calidad del aire interior sobre la base de composición fúngica, con el fin de conocer la situación actual, detectar los posibles problemas existentes y proponer alternativas para mejorar la calidad de aire y de vida de los estudiantes y trabajadores que se encuentran expuestos diariamente al aire interno en los diferentes ambientes de la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN).

## II. JUSTIFICACIÓN

Existen suficientes indicios que en áreas de ambientes cerrados como en las bibliotecas, coexisten sustancias capaces de alterar sus propiedades físico-químicas y proveer las condiciones necesarias para el desarrollo y crecimiento de microorganismos que alteran las propiedades biológicas del aire, lo cual puede originar efectos nocivos sobre la salud de las personas y sobre los materiales existentes, dependiendo de la concentración y permanencia de estas sustancias en el ambiente (García *et al.*, 2005).

Los efectos de la calidad del aire interna en la salud, refuerzan la importancia de reproducir y estandarizar métodos para el monitoreo de microorganismos en dichos ambientes interiores. Para países como el nuestro, este tipo de evaluaciones son aún más importantes debido a la gran diversidad de microorganismos asociados a las altas temperaturas, además del alto % de humedad relativa (HR) existente en el ambiente, que es clave en la aceleración del crecimiento microbiano y su proliferación.

La presencia de agentes biológicos y el grado de contaminación presente en el aire interior de los diferentes ambientes de la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN), puede contribuir al síndrome del edificio enfermo, siendo este la causa de muchos de los problemas que pueden abarcar desde una simple fatiga, dolor de cabeza o incomodidad, hasta síntomas compatibles con alergias, enfermedades en las vías respiratorias entre otras, ya sea en el personal de trabajo o en los estudiantes que se encuentran diariamente expuestos durante varias horas en estos ambientes internos, además de causar el biodeterioro de libros, revistas científicas y material digital.

La calidad del aire interior afecta a la salud, tanto en forma directa o de manera indirecta. Por esta razón, los efectos sobre la salud por los contaminantes biológicos o no biológicos emanados al aire interior han sido las fuentes de la creciente preocupación dentro de la comunidad científica. En los últimos años se han logrado importantes observaciones en el estudio de los hongos en el aire interior, debido a la biomedicina y las consecuencias fitopatológicas causadas por hongos (Basilico *et al.*, 2007).

Esto ha motivado el interés de realizar el presente trabajo de investigación y llevar a cabo la evaluación de la calidad del aire interior, con el propósito de conocer la situación actual, detectar posibles problemas dentro de la BAN y proponer alternativas para mejorar.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la calidad del aire interior sobre la base de composición fúngica, con el fin de poder conocer la situación actual y proponer alternativas para mejorar la calidad de aire y de vida de los estudiantes y trabajadores en la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN).

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la presencia de hongos en los diferentes ambientes de la BAN.
- Identificar los principales géneros de hongos presentes en el aire interior de la BAN.
- Determinar la temperatura y humedad relativa en la BAN y realizar la correlación con la concentración de hongos presentes.
- Realizar un análisis de la dirección del viento a través de una rosa de viento de la zona y poder determinar cómo influye este factor en el aerotransporte de los microorganismos hacia la BAN.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. CALIDAD DE AIRE EN INTERIORES

La calidad del aire, es el estimado del nivel de concentración de un contaminante del aire al cual pueden estar expuestos los seres humanos durante un tiempo promedio determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente (Castro, 2009).

La calidad del aire en espacios cerrados o intradomiciliarios, 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 espacios cerrados. El ambiente intramuros, o espacios cerrados, puede 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. En este sentido la contaminación microbiológica que se derive de los tratamientos médicos aplicados a los pacientes o de la que los mismos portan, de manera natural, ha llamado la atención de los investigadores en los últimos años, como posible causa de enfermedades relacionadas con el ambiente (Caballero *et al.*, 2007).

Según estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental estadounidense 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.*, 2005).

La calidad del aire en interiores se refiere a la contaminación del aire dentro de edificios, locales comerciales, aeropuertos, oficinas, industrias, etc. El estudio de la calidad del aire en interiores es un problema ambiental, por tanto se ha planteado que la contaminación en interiores implica efectos negativos en la salud (Aydogdu *et al.*, 2004).

La calidad del aire interior afecta a la salud, tanto en forma directa o de manera indirecta. Por esta razón, los efectos sobre la salud por los contaminantes biológicos o no biológicos emanados al aire interior han sido las fuentes de la creciente preocupación dentro de la comunidad científica (Basilico *et al.*, 2007).

El polvo presente en un aire interior está formado por partículas tanto orgánicas como inorgánicas, muchas de las cuales pueden clasificarse como fibras. Los contaminantes biológicos pueden ser responsables de enfermedades infecciosas y también de alergias. Hay que considerar los posibles efectos de bacterias, virus, hongos, ácaros, etc. (Nota Técnica de Prevención 289).

La baja calidad del aire en interiores puede causar la pérdida de concentración o dolores de cabeza y puede afectar la capacidad de comprensión y motivación. En consecuencia, una buena calidad del aire interna es esencial para todas las personas que pasan gran parte de su tiempo dentro de diversos ambientes cerrados así como se menciona en un estudio realizado en edificios escolares, donde los niños pasan gran parte de su tiempo (Aydogdu *et al.*, 2004).

La calidad de aire de interiores (CAI) se refiere a la contaminación de aire dentro de edificios, locales comerciales e industrias. La temática de CAI es un problema ambiental relativamente nuevo y se ha sugerido que los contaminantes de interiores pueden ocasionar efectos a la salud a corto y largo plazo. Los problemas relacionados a las industrias no se limitan a la CAI debido a que es un efecto de sinergismo multifactorial, la combinación de estos factores y estrés pueden interactuar con los empleados y resultar en reacciones emocionales, psicológicas, agudas y adversas, siendo necesario una evaluación de los factores involucrados (Castañeda *et al.*, 2003).

También son preocupantes las condiciones en las que laboran el personal en los hospitales y clínicas veterinarias, que se exponen a condiciones con cierto nivel de riesgo para su salud. Los agentes biológicos tienen un serio impacto en los índices de calidad del aire interno de edificios, viviendas y clínicas diversas y los principales factores biológicos que causan el problema son hongos, bacterias, virus, protozoarios, insectos, algas, palomas y roedores. 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 (Caballero *et al.*, 2007).

## **4.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS AMBIENTES CERRADOS**

En la Nota Técnica de Prevención 243, mencionan a manera de resumen que las deficiencias encontradas más frecuentes son consecuencia de algunos de los siguientes factores:

### **4.2.1. UNA VENTILACIÓN INADECUADA**

Generalmente es debida a:

- Un insuficiente suministro de aire fresco, como consecuencia de una elevada recirculación del aire o de un bajo caudal de impulsión.
- Una mala distribución y, consecuentemente, una mezcla incompleta con el aire exterior, que provoca estratificaciones del aire y diferencias de presión entre los distintos espacios y zonas del edificio.
- Una incorrecta filtración del aire debido a un mantenimiento incorrecto o a un inadecuado diseño del sistema de filtración.
- Una temperatura del aire y humedad relativa extremas o fluctuantes.

### **4.2.2. LA CONTAMINACIÓN INTERIOR**

Puede tener como origen al propio individuo, al trabajo, a la utilización inadecuada de productos (pesticidas, desinfectantes, limpieza, abrillantado), a los gases de combustión (fumar, cafeterías, laboratorios) y a la contaminación cruzada procedente de otras zonas poco ventiladas que se difunden hacia lugares próximos y los afectan.

### **4.2.3. LA CONTAMINACIÓN EXTERIOR**

Entrada en el edificio de humos de escape de vehículos, gases de calderas, productos utilizados en trabajos de construcción y mantenimiento (asfalto, otros) y aire contaminado previamente desechado al exterior, que vuelve a entrar a través de las tomas de aire acondicionado. Otro origen puede ser las infiltraciones a través del basamento (vapores de gasolinas, emanaciones de cloacas, fertilizantes, insecticidas, incluso dioxinas y radón).

Está demostrado que al aumentar la concentración en el aire exterior de un contaminante, aumenta también su concentración en el interior del edificio, aunque más lentamente, e igual ocurre cuando disminuye. Por ello se dice que los edificios presentan un efecto de escudo.

#### **4.2.4. LA CONTAMINACIÓN DEBIDA A MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

La utilización de materiales inadecuados así como con defectos técnicos puede ser una causa habitual de la contaminación del aire interior.

Entre los materiales de construcción se hallan los empleados en aislamiento tanto general del edificio como térmico de las instalaciones de aire acondicionado. De entre ellos cabe destacar las fibras, principalmente la de vidrio y los asbestos, y distintos tipos de compuestos orgánicos volátiles.

##### **a. Fibras**

La fibra de vidrio y los asbestos son dos tipos de fibras que presentan un riesgo potencial de contaminación, tanto si se generan en un ambiente industrial como en uno no industrial.

La fibra de vidrio está formada por material amorfo vídrioso. Se usa como refuerzo en plásticos, cauchos, papel y tejidos y como aislante térmico en los sistemas de aire acondicionado.

El término asbestos abarca distintas formas de silicatos minerales empleados normalmente en materiales de aislamiento. Aunque su utilización está prohibida o muy limitada en los edificios de nueva construcción, aún es frecuente en edificios antiguos, pudiendo ser fuente de contaminación durante la realización de trabajos de mantenimiento y remodelación, así como consecuencia de la degradación de los materiales que los contienen.

##### **b. Compuestos orgánicos volátiles**

El formaldehído se emplea extensamente en la formulación de plásticos, especialmente en las resinas de melamina-formaldehído, urea-formaldehído y fenol-

formaldehído usadas como aislantes térmicos y barnices. Una inadecuada formulación, un mal curado, así como la degradación producida con el paso del tiempo, son las causas de la emisión de este compuesto al aire ambiente. El formaldehído puede ocasionar irritación en las vías respiratorias y alergias y está considerado como una sustancia sospechosa de inducir procesos cancerígenos.

Otros materiales de construcción que pueden ser fuente de contaminación por generación de compuestos químicos en el aire del interior de un edificio son los muebles y elementos de decoración de madera y caucho, los agentes sellantes, colas, barnices, y materiales textiles. Entre los disolventes detectados con una mayor frecuencia se hallan: tolueno, xilenos, etilbenceno, trimetilbencenos, propilbencenos, n-nonano, n-decano, n-undecano e hidrocarburos clorados, entre ellos freones y 1,2-dicloroetano.

### **4.3. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS**

De la misma manera que se han considerado los contaminantes químicos, cabe también considerar a los microorganismos presentes en el aire interior. Para explicar la producción de aerosoles biológicos debe hacerse referencia a los conceptos de reservorio, multiplicador y diseminador. Un reservorio es un medio que reúne una serie de condiciones que permiten a los microorganismos sobrevivir en un determinado entorno, mientras que el multiplicador favorece que se reproduzcan y el diseminador actúa como introductor de los microorganismos y de sus metabolitos en el aire.

Los contaminantes biológicos, por otro lado, se clasifican básicamente como agentes infecciosos, antígenos y toxinas por ser éstas sus formas más usuales.

#### **4.3.1. AGENTES INFECCIOSOS**

Las enfermedades infecciosas se transmiten más fácilmente en los ambientes cerrados que en el exterior, ya que el volumen de aire en el cual se diluyen los microorganismos es más bajo, el contacto directo es mayor y las personas pasan más tiempo en ambientes cerrados que en el exterior. También hay que considerar que muchas enfermedades contagiosas requieren el contacto directo entre huéspedes humanos para su transmisión, mientras que otras, tales como gripe, sarampión, viruela, tuberculosis y algunos resfriados comunes, se transmiten fácilmente por el aire pudiendo

sobrevivir los microorganismos causantes de los mismos durante su paso a través del sistema de ventilación, si no se toman medidas específicas al respecto.

Otras enfermedades contagiosas se transmiten directamente desde reservorios al medio ambiente. Entre estas se encuentran la legionelosis y otras neumonías bacterianas y la mayor parte de las enfermedades debidas a hongos. La legionella, por ejemplo, sobrevive y se multiplica en torres de refrigeración, humidificadores, cabezales de ducha, en basura y agua en general, que actúan como reservorios y multiplicadores para los microorganismos. La diseminación ocurre cuando se altera un reservorio o cuando el aparato contaminado es además multiplicador y diseminador, como, por ejemplo, una torre de refrigeración o un humidificador.

Por otra parte, los hongos patógenos contaminan los suelos. Cuando éstos son alterados por el viento o por excavaciones, los hongos pueden introducirse en el ambiente del interior. También la presencia de nidos de los pájaros en los edificios es una fuente de contaminación por hongos.

Generalmente las enfermedades infecciosas transmitidas a través del aire pueden afectar el sistema respiratorio, al menos inicialmente, y los síntomas se manifiestan tanto en el tracto superior como en el inferior. Los agentes infecciosos pueden causar enfermedad en cualquiera de las personas expuestas, aunque el grupo de mayor riesgo corresponde a las que tienen problemas de salud y/o con un sistema inmunológico comprometido, especialmente niños y ancianos.

Para la toma de muestras de agentes infecciosos en aire se necesita un equipo especial y personal experimentado y no se realiza con mucha frecuencia. Mucho más habitual es la toma de muestra de agentes infecciosos en los reservorios y en los multiplicadores.

#### **4.3.2. ANTÍGENOS**

Antígeno es toda sustancia que al penetrar en un organismo animal dotado de un sistema inmunológico maduro es capaz de provocar una respuesta inmunitaria específica.

En general, cualquier proteína, glicoproteína o carbohidrato con un peso molecular superior a 10000 daltons puede actuar como un antígeno. La mayor parte de los antígenos que pueden encontrarse en el aire de los ambientes cerrados proceden de

microorganismos, artrópodos o animales. Los presentes en el aire pueden causar enfermedades tales como neumonitis hipersensitiva, rinitis alérgica y asma alérgica, entre otras.

Los síntomas característicos de la neumonitis hipersensitiva son: fiebre, escalofríos, ahogos, malestar y tos. En un principio la enfermedad parece una gripe para pasar luego a una neumonía aunque los síntomas remiten con el cese de la exposición. Sin embargo, exposiciones prolongadas pueden provocar un daño permanente en el pulmón. Los síntomas de la rinitis alérgica son mucosidades, picor de nariz y ojos y congestión de las fosas nasales, mientras que los del asma alérgica son respiración dificultosa y opresión en el pecho como resultado de la constricción de los bronquios.

Entre los reservorios y multiplicadores para microorganismos determinantes de enfermedades de hipersensibilidad, se encuentran sustratos procedentes del exterior, tales como suelo, material vegetal (vivo y no vivo) y fuentes de agua, así como sustratos húmedos propios del medio ambiente interior. Los microorganismos pueden multiplicarse en cualquier agua estancada y pasar al aire al removerse ésta. En el caso de los hongos cualquier superficie sucia puede actuar como foco de reproducción, formándose esporas que quedan expuestas directamente a la corriente de aire y así son dispersadas por todo el edificio.

#### **4.3.3. TOXINAS**

Las toxinas son sustancias segregadas por algunos microorganismos que producen efectos nocivos en los organismos vivos atacados.

La mayor parte de las toxinas microbianas presentes en el aire de un ambiente interior están constituidas por endotoxinas bacterianas y micotoxinas (procedentes de los hongos). Cuando la bacteria productora de la endotoxina crece, libera toxinas solubles dentro del agua (del humidificador, por ejemplo), a partir de la cual pasan al aire. Se asocia a las endotoxinas con algunos síntomas característicos de las neumonitis hipersensitivas y de la fiebre de los humidificadores.

Se conocen también casos de contaminación de edificios por hongos toxígenos y se han descrito síntomas agudos como resultado de la exposición a las micotoxinas en

interiores. Sin embargo, se desconocen los factores que controlan la liberación de las micotoxinas en el medio ambiente. El característico olor a moho de las áreas en las que se hallan presentes hongos es debido a la producción, por parte de éstos, de sustancias volátiles.

**Cuadro 1: Contaminantes biológicos y sus enfermedades de mayor incidencia**

<b>Agente Infeccioso</b>	<b>Afección</b>
<i>Actinomyces thermophilus</i>	Neumonía por hipersensibilidad
<i>Aspergillus sp.</i>	Aspergilosis
<i>Bacillus anthracis</i>	Antrax por inhalación
<i>Brucella melitensis</i>	Brucelosis
<i>Chlamydia psittaci</i>	Psitacosis
<i>Coccidioides immitis</i>	Coccidioidomycosis
Diversos agentes	Coriomeningitis linfocitaria
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmosis
<i>Klebsiella</i>	Infecciones diversas
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionelosis
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosis pulmonar
<i>Neisseria meningitidis</i>	Meningitis meningocócica
Orthopoxvirus	Viruela
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Infecciones diversas
<i>Staphylococcus sp.</i>	Neumonía estafilocócica
<i>Streptococcus sp.</i>	Neumonía estreptocócica
Virus Coxsackie	Infecciones diversas
Virus de la Influenza	Gripe
Virus de la rabia	Rabia por vía aérea (excepcional)
Virus respiratorios	Infecciones diversas

Fuente: Nota Técnica de Prevención 243

#### **4.4. AEROBIOLOGÍA**

Es la ciencia que se encarga de estudiar el aerotransporte pasivo de los microorganismos, su identificación, comportamiento, movimientos y supervivencia, asociando los conocimientos de la microbiología, la meteorología (viento, radiación solar, temperatura, humedad relativa), la física de los aerosoles y la química atmosférica (Rosas *et al.*, 2004).

La Aerobiología, es una ciencia de carácter multidisciplinario que engloba una amplia diversidad de campos, una de ellas es la Aeropalinología históricamente ha sido su rama más importante por sus relaciones con problemas alérgicos. Sin embargo en las últimas décadas, la Aerobiología ha ampliado su marco de acción y ha incluido otras disciplinas implicadas no sólo con la medicina, sino también con la agronomía, el patrimonio cultural, el cambio climático. La Aerobiología incluye ramas como la aeromicología, que estudia a los hongos que forman esporas y las liberan a la atmósfera; aerobacteriología; biometeorología, que estudia la influencia de los factores climáticos sobre los seres vivos; biodeterioro, control y prevención del deterioro producido por organismos vivos en los bienes culturales (Asociación Española de Aerobiología, 2005).

##### **4.4.1. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MICROBIOLOGÍA DEL AIRE**

El poder patógeno de los hongos se conoce desde hace varios siglos. Floyer, en 1726 estableció que las alergias estaban asociadas a la presencia de hongos del medio ambiente; luego en 1880 Blackley experimentó en su propio organismo una crisis de bronco espasmo al inhalar esporas de *Penicillium* (Negro, 2002).

En la segunda mitad del siglo XIX Pasteur demostró a través de sus investigaciones que la presencia de microorganismos tales como: bacterias, levaduras y hongos, originan enfermedades contagiosas tanto al ser humano como a los animales (Maguiña, 1996).

A comienzos del siglo XIX (año: 1924), los trabajos en equipo evidenciaron la importancia del estudio de estos microorganismos, extendiéndose las investigaciones desde entonces a todo el mundo. Sin embargo en el siglo pasado la Aerobiología cobra mayor importancia y profundiza sus investigaciones gracias a la participación multidisciplinaria e internacional a través de redes de control aerobiológico,

centralizando sus investigaciones en estudios aeropalinológicos, aeromicológicos, cuya importancia radica en el estudio sistemático del polen y las esporas en el aire causantes de la aparición de síntomas alérgicos (polinosis) entre la población (Asociación Española de Aerobiología, 2005).

#### **4.4.2. AEROMICOLOGÍA**

La Aeromicología, denominada también micología ambiental es la disciplina que se ocupa del estudio de las esporas fúngicas, dispersión transporte, deposición e incidencia atmosférica. Está influenciada por factores biológicos y medioambientales que interaccionan entre ellos, originando que cada lugar o zona poblada presente su propia aeromicroflora (Morales *et al.*, 2004).

#### **4.4.3. MICROORGANISMOS AMBIENTALES**

Las esporas de hongos son las partículas más numerosas y diversas tanto en ambientes internos como externos. Los hongos transmitidos por el aire son uno de los principales biocontaminantes del aire interno. Las concentraciones y tipos de hongos transmitidos por el aire en la atmósfera son influenciados por muchos factores biológicos y ambientales. Varían mucho, por la naturaleza, con el tiempo, la estación, la geografía, el clima y otros factores físicos. De igual forma, los parámetros meteorológicos como el viento, la humedad, la temperatura, las precipitaciones, la altitud y vegetación, influyen en el número y tipo de microorganismos transmitidos por el aire (Aydogdu y Asan, 2007).

La mayoría de los hongos presentes en los ambientes internos son saprofitos, porque ellos obtienen lo que necesitan para su metabolismo de materiales muertos, materia orgánica o sustratos como madera, papel, pintura, suelo, polvo, piel y alimentos (Albright, 2001).

Las esporas fúngicas son componentes normales de ambientes externos. El aire de muchos ambientes internos también contiene esporas. Actualmente, se conoce que el aire presente en los ambientes exteriores puede ser la fuente de esporas fúngicas

contaminantes de los ambientes internos. A su vez muchos de estos últimos pueden servir como sitios de amplificación para el crecimiento de los hongos. Así, cuando se presenta una alta humedad, las esporas pueden germinar y el hongo puede crecer produciendo miles de nuevas esporas que utilizan la materia orgánica de estos sitios (Yang y Johanning, 1997).

#### **4.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS HONGOS**

Los hongos pertenecen al reino Fungí. Son organismos heterotróficos que sintetizan enzimas intra y extracelulares, estas tienen capacidad para transformar prácticamente cualquier tipo de sustrato orgánico y participan en la oxidación de algunos compuestos inorgánicos.

Todos los hongos filamentosos se reproducen por esporulación. Cuando la espora se encuentra en un medio nutritivo adecuado, se hincha y germina emitiendo uno o más tubos germinativos que se alargan distalmente hasta constituir filamentos delgados y largos que se denominan hifas, las cuales pueden ramificarse después.

Los hongos constituyen un grupo de organismos heterótrofos, eucarióticos, aclorofílicos, que pueden ser unicelulares o pluricelulares, generalmente se reproducen sexual y asexualmente mediante esporas, desarrollándose en sustratos más variados, viven prácticamente en todos los climas de la tierra, incluso en condiciones extremas. El moho puede aparecer cuando se combinan tres agentes ambientales como la temperatura, nutrición, humedad, se propagan y reproducen mediante esporas que pueden sobrevivir en condiciones ambientales, como la sequedad, que no favorece el crecimiento normal del moho (Castro, 2009).

Al contrario de los Protozoos, los hongos poseen pared celular y esporas de diversos tipos y forman un grupo coherente filogenéticamente hablando. Se reconocen tres grandes grupos: mohos u hongos filamentosos, las levaduras y las setas.

Los hábitat de los hongos son bastantes diversos. Algunos son acuáticos principalmente de agua dulce, aunque existen también algunos de medios marinos. La mayoría de ellos son

de medios terrestres, crecen en suelos o sobre materia orgánica en descomposición y contribuyen notablemente a la mineralización del carbono orgánico (Madigan *et al.*, 2003).

#### **4.5.1. MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN**

Los hongos presentan una morfología muy variada. La única célula o el conjunto de células que los constituyen se denominan talo, En la naturaleza pueden encontrarse formas muy simples como las levaduras, formas filamentosas multinucleadas y estructuras macroscópicas más complejas como los denominados hongos de sombrero

Formado típicamente por filamentos microscópicos que se ramifican en todas las direcciones, desplazándose sobre el sustrato que le sirve de alimento o dentro de dicho sustrato, a cada uno de estos filamentos se denomina hifa, esta es un tubo de pared rígida que contiene masa citoplásmica y muchos núcleos. El diámetro de la hifa es prácticamente constante de comúnmente entre 3 y 12  $\mu$ ; el largo es variable puede medir varios centímetros o metros.

Las hifas pueden poseer septos a intervalos regulares o carecer de ellos, estos son tabiques transversales que la dividen en compartimientos o células, determinando así dos tipos de hifas; hifas cenocíticas son aquellas que no presentan septos, es decir el protoplasma de la hifa es continuo, hifas septadas son aquellas que presentan septos, en este caso el protoplasma de la hifa está interrumpido a intervalos regulares por paredes transversales y estos septos actúan como sostén, es por esto que las hifas septadas resisten mejor la desecación, así mismo el conjunto de estas hifas constituye el micelio de un hongo. Los septos son claramente visibles al microscopio óptico y son una ayuda importante para identificar grupos fúngicos.

Los hongos están constituidos fundamentalmente por agua, hidratos de carbono, lípidos, y proteínas, los que varían en calidad y cantidad según el tipo de célula fúngica de que se trate (Lurá *et al.*, 1997).

#### **4.5.2. REPRODUCCIÓN**

Castro (2009) menciona que en los estudios realizados por Lurá *et al.*, (1997) los hongos se diseminan a través de propágulos de dispersión, que consisten en cualquier fragmento de micelio viable o unidades de reproducción que contienen la información genética necesaria para el desarrollo del hongo. Las unidades de reproducción presentan distinto origen, forma, tamaño y color; pueden originarse a partir de un proceso asexual o sexual. La reproducción asexual, es la más importante para la propagación de la especie debido a que permite la producción de numerosos individuos, esta reproducción se repite varias veces durante el periodo de reproducción, en la cual intervienen células reproductoras o células somáticas especializadas denominadas esporas o conidias, según se encuentran contenidas o no en células denominadas esporangios; la espora puede ser móvil llamada zoospora o inmóvil llamada aplanospora, su contenido es hialino, anular con presencia de gotas de grasa y burbujas de aire, el cual pueden ser aseptados o presentar uno o varios septos, su pared celular puede tener una característica viscosa o seca, además de una ornamentación variada tal es el caso de la presencia de verrugas, espinas y apéndices, cuyas coloraciones son claras u oscuras.

Las unidades de reproducción de origen sexual, se denominan en general esporas, muy pocas veces los hongos presentan este tipo de reproducción, el cual tiene lugar mediante la unión de dos núcleos compatibles, este proceso de reproducción presenta tres fases distintas, la primera fase denominada plasmogamia consiste en la unión de los dos protoplastos, en el cual se reúnen los núcleos en el interior de una misma célula, la segunda fase denominada cariogamia se da cuando se fusionan los dos núcleos y en la tercera fase se produce una meiosis, los núcleos haploides migran hacia las estructuras externas especializadas llamadas esterigmas y se convierten en basidiosporas (Castro, 2009).

#### **4.5.3. CRECIMIENTO**

La mayor parte de los hongos crecen entre 0° y 35°C, pero la temperatura óptima varía de 20° a 30°C. Tienen la capacidad para soportar temperaturas extremadamente bajas, en fase de reposo, condiciones propicias para su almacenamiento a largo plazo, en el caso de ser usados como cultivo.

A diferencia de las bacterias, prefieren medios ácidos para su crecimiento, siendo el pH de 6 el óptimo aproximado para la mayoría de las especies. La luz no es esencial para el crecimiento de los hongos, pero desempeña un papel importante en la dispersión de las esporas, puesto que los órganos soportadores de esporas de muchos hongos presentan fototropismo positivo y descargan sus esporas hacia la luz.

En condiciones favorables, las hifas fúngicas pueden mantener un crecimiento indefinido, el micelio de un hongo suele empezar en forma de tubo germinal corto, que surge de una spora en germinación y tiene la tendencia de crecer de una forma más o menos uniforme en todas las direcciones desde un punto central y dar así origen a una colonia esférica (Castro, 2009).

#### **4.5.4. NUTRICIÓN**

Los hongos requieren compuestos orgánicos preformados como fuentes de energía y de carbono para la biosíntesis (heterótrofos). Las moléculas orgánicas más simples, como monosacáridos, aminoácidos y ácidos orgánicos, se obtienen a través de la membrana celular. El carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno, son los elementos químicos cuantitativamente más importantes, seguidos por el fósforo, azufre, magnesio y potasio.

Sin embargo, las moléculas más complejas que incluyen quizás muchos disacáridos, deben degradarse a monómeros en el exterior de la célula por medio de enzimas liberadas a través de las paredes o unidas a éstas (Castro, 2009).

#### **4.5.5. CLASIFICACIÓN**

La clasificación de los hongos está basada principalmente en las características estructurales, modos de formación de las esporas asexuales, estructura y formación de los cuerpos fructíferos sexuales durante su ciclo biológico.

La clasificación de los diversos géneros fúngicos encontrados en el presente estudio, se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2: Clasificación de los géneros fúngicos**

Clasificación de los Hongos		
División	Nombre común	Representantes típicos
Zygomycota	Zygomycetes	<i>Mucor</i>
		<i>Rhizopus</i>
Ascomycota	Hongos de saco	<i>Neurospora crassa</i>
		<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Basidiomycota	Hongo del club o Setas	<i>Amanita phalloides</i>
		<i>Agaricus campestris</i>
Deuteromycota	Hongos imperfectos	<i>Aspergillus</i>
		<i>Penicillium</i>
Chytridiomycota	Quitridios	<i>Allomyces</i>

Fuente: Microbiología (Prescott *et al.*, 2002).

**a. División Zygomycota**

La división Zygomycota contiene los hongos llamados zygomycetes. La mayoría vive en la descomposición de materia vegetal y animal en el suelo, unos pocos son parásitos de plantas, insectos, animales y seres humanos. Las hifas de zygomycetes son cenocíticas, con muchos núcleos haploides. Las esporas asexuales por lo general el viento las dispersa, desarrollan esporangios en el puntas de hifas aéreas. El pan de molde, *Rhizopus stolonifer*, es un miembro muy común de esta división. Este hongo crece en la superficie de los alimentos húmedos, ricos en carbohidratos, tales como panes, frutas y verduras. En panes, por ejemplo, *Rhizopus shypae* cubre rápidamente la superficie. *Rhizopus* generalmente se reproduce asexualmente, pero si existen condiciones desfavorables, comienza la reproducción sexual. La reproducción sexual requiere de cepas compatibles de tipos de apareamiento opuestos. Los zygomycetes también contribuyen al bienestar humano.

Por ejemplo, *Rhizopus* se utiliza en Indonesia para producir alimentos. Otro zygomycete (*Mucor sp.*) se utiliza en el Oriente para hacer un queso llamado sufu. Otros son empleados en la preparación comercial de algunos anestésicos, agentes de control de la natalidad, alcoholes industriales, ablandadores de la carne y el colorante amarillo utilizado en la margarina y la mantequilla (Prescott *et al.*, 2002).

Los mohos son hongos filamentosos. Están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se ven frecuentemente sobre pan viejo, queso o frutas. Cada filamento crece fundamentalmente en el extremo por un mecanismo de extensión celular. Cada filamento se denomina hifa. Las hifas crecen en masa en lo que se denomina micelio, que puede verse fácilmente sin ayuda del microscopio. En la mayoría de los casos las hifas fúngicas contienen más de un núcleo a veces cientos de núcleos. Por tanto, una hifa típica es como un tubo nucleado con citoplasma (referida como cenocítica). A partir del micelio, otras hifas buscan la superficie donde forma esporas o conidios. Los conidios son esporas asexuales (su formación no implica la fusión de gametos), a menudo muy pigmentadas y resistentes a la desecación, que sirven como forma de dispersión del hongo en nuevos hábitat. Cuando se forman los conidios, cambia el color blanco del micelio adquiriendo el de éstos que puede ser negro, rojo, azul verdoso, amarillo o marrón. La presencia de estas esporas da a la masa micelial la apariencia de ser una capa de polvo (Madigan *et al.*, 2003).

Algunos mohos también producen esporas sexuales, formadas como resultado de una reproducción sexual. Esta se produce por fusión de gametos unicelulares o bien de hifas especializadas llamadas gametangios. Alternativamente, las esporas sexuales se pueden originar de la fusión de dos células haploides que sufren meiosis y mitosis para dar esporas individuales. Dependiendo a qué grupo pertenezca el hongo en cuestión se pueden formar diversos tipos de esporas sexuales. Cuando se forman dentro de un saco o asca se denominan ascosporas y si se forman en los extremos de estructuras en forma de porra se denominan basidiosporas. Las zigosporas producidas por los zigomicetos como es *Rhizopus* son estructuras macroscópicamente visibles. Eventualmente, la zigospora madura y produce esporas sexuales que son dispersadas en el aire y germinan para dar un nuevo hongo. Las esporas sexuales de los hongos son generalmente resistentes a la desecación, congelación y a algunos compuestos químicos. No son tan resistentes como las

endosporas bacterianas. Tanto una espora sexual como asexual puede germinar para originar un nuevo micelio (Madigan *et al.*, 2003).

***Mucor sp.***

Son hongos de crecimiento rápido, por lo que a escasos días de la siembra las colonias presentan un aspecto algodonoso de color plomizo; presenta un esporangio esférico o subesférico y una columela marcada (Aira *et al.*, 2005).

***Rhizopus sp.***

Patógeno de frutos, raíces, tubérculos y otros órganos vegetales. Donde causan maceración de los tejidos por acción enzimática, son hongos de crecimiento rápido, por lo que a escasos días de la siembra las colonias presentan un aspecto algodonoso de color negro -plomizo; Presenta un esporangio esférico o sub esférico y una columela marcada y rizoides (Aira *et al.*, 2005).

Los miembros de los géneros *Mucor sp.* y *Rhizopus sp.*, causan micosis, las cuales pueden iniciarse con la inhalación de las esporas provocando una reacción alérgica e incluso la infección de las cavidades paranasales. También pueden producir infecciones gastrointestinales al ingerir alimentos contaminados por estos hongos (Castro, 2009).

**b. División Ascomycota**

La división Ascomycota contiene los llamados hongos ascomicetos, comúnmente conocido como los hongos de saco. Por ejemplo, la mayoría de los moldes rojos, marrón y azul-verde que causan el deterioro a los alimentos son ascomicetos. La rosa del pan de molde es *Neurospora crassa*, también ascomycete, este ha sido centro de investigación e importante herramienta en la genética y la bioquímica. Muchos ascomicetos son parásitos de las plantas superiores. Los ascomicetos se denominan así por su característica reproductiva y su estructura en forma de saco. El micelio de los ascomicetos se compone de hifas septadas. La reproducción asexual es común en los ascomicetos y toma lugar por medio de conidiosporas. La reproducción sexual en los ascomicetos implica siempre la formación de un asca que contiene dos o más ascosporas haploides. Aunque el

término levadura se utiliza en un sentido general para referirse a todos los hongos unicelulares que se reproducen asexualmente ya sea por gemación o fisión binaria, muchos géneros de levaduras son clasificados específicamente dentro de los ascomicetos debido a su reproducción sexual. Las levaduras están presentes en ambos hábitats terrestres y acuáticos en la que esté disponible una fuente de carbono adecuada (Prescott *et al.*, 2002).

Las levaduras son hongos unicelulares, la mayoría perteneciente a los Ascomicetos. Normalmente son ovales, esféricas o casi cilíndricas y la división es, casi siempre, asimétrica o por gemación. En este proceso, la nueva célula se forma como un pequeño bulto en la célula madre que crece hasta separarse de ella. Aunque la mayoría de las levaduras se reproducen como células aisladas, bajo ciertas condiciones pueden filamentosar. Por ejemplo, la fase filamentosa es esencial para la patogenicidad de *Candida albicans*, una levadura que puede causar infecciones bucales, vaginales o de pulmones, e incluso, en el caso de enfermos de SIDA, daño sistémico tisular.

Las células de levaduras son mucho más grandes que las bacterias y pueden distinguirse de ellas no solamente por su tamaño sino también por poseer sistemas membranosos intracitoplasmáticos así como núcleo. Algunas levaduras poseen reproducción sexual por conjugación en la que se fusionan dos células. La célula resultante es un cigoto verdadero y de él emergen esporas sexuales por reducción meiótica (Madigan *et al.*, 2003).

### **c. División Basidiomycota**

La división Basidiomycota contiene los basidiomicetos, conocidos comúnmente como los hongos del club. Algunos ejemplos son los hongos jalea, setas, nidos de aves. Los Basidiomycetes son llamados así por su estructura característica, el basidio, que está involucrada en la reproducción sexual. Los basidiomicetos afectan a los humanos en muchas maneras. La mayoría son saprofitos que descomponen los restos vegetales, especialmente de celulosa y lignina. Muchos hongos son utilizados como alimento en todo el mundo. El cultivo de *Agaricus*

*campestris* es utilizada en negocios multimillonaria. Muchos hongos producen alcaloides específicos que actúan como venenos o alucinógenos. Un ejemplo de ello es la *Amanita phalloides*.

Las setas son basidiomicetos filamentosos que forman cuerpos fructíferos, que constituyen la parte comestible que llamamos setas. Durante la mayor parte de su existencia las setas viven como simple micelio, creciendo en el suelo, en los desechos de hojas o en los troncos. Sin embargo cuando las condiciones del medio son favorables, generalmente periodos húmedos y fríos, se desarrollan las setas, primero como un pequeño botón y después rompiendo la superficie como seta madura. Las esporas sexuales llamadas basidiosporas se forman en la parte inferior del sombrerillo entre innumerables laminillas. Las basidiosporas son dispersadas por el viento para empezar un nuevo ciclo (Madigan *et al.*, 2003).

#### **d. División Deuteromycota**

En gran medida, la taxonomía fúngica clásica se basa específicamente en los patrones de la reproducción sexual. Cuando un hongo carece de la fase sexual (etapa perfecta), o si no se ha observado esta fase, es colocado dentro de la división Deuteromycota, comúnmente llamado Hongos imperfectos o Deuteromycetes (hongos "secundarios"). La mayoría de los hongos imperfectos son terrestres, con sólo unos pocos que se forman en los hábitats de agua dulce y marinos. La mayoría son o bien saprófitos o parásitos de plantas. Unos pocos son parásitos de otros hongos. Muchos hongos imperfectos afectan directamente el bienestar humano. Varios son patógenos humanos, que causan enfermedades como el pie de atleta, tiña, e histoplasmosis. El producto químico de muchos hongos imperfectos es importante industrialmente. Por ejemplo, algunas especies de *Penicillium* sintetizan los antibióticos conocidos penicilina y griseofulvina (Prescott *et al.*, 2002).

#### ***Aspergillus sp.***

Se trata de un género anamórfico, que también puede producir estados sexuales, su característica principal es que fructifica formando masa mohosas pulverulentas de color negro, las cuales se pueden observar a simple vista o

utilizando una lupa estereoscópica; siendo el color una de las características más llamativas que sirve para diferenciar los grandes grupos de *Aspergillus*. Este género es importante porque produce enfermedades tanto en animales (intoxicación), en humanos (aspergilosis).

Presentan colonias de crecimiento rápido y de esporulación abundante, presentando un aspecto variado que pueden ser planos, ligeramente arrugados, ocasionalmente algodonosas, aterciopelados, cuyas superficies las hay desde las zonadas, azonadas, radiadas, los colores varían desde un verde grisáceo, blanco, amarillo, verde limón, verde azulado, marrón oscuro u negros. Sus conidios tienen un crecimiento basipetalo, el cual puede ser uniseriado o biseriado, de coloración hialina, verde, anaranjado y negro (Aira *et al.*, 2005).

Los efectos alérgicos que estas esporas pueden causar incluyen: Alergias de Tipo I, caso del asma; pneumonitis hipersensible de Tipo III y otros. Se sabe que algunas especies producen toxinas muy potentes llamadas aflatoxinas. *A. fumigatus* causa aspergilosis broncopulmonar alérgica y sinusitis micótica alérgica. La aspergilosis se manifiesta en la forma de una infección invasiva, toxicosis, o alergia. Las especies que incluye este género son patógenos oportunistas, y pueden causar infección en individuos cuyo sistema inmune está debilitado (Castro, 2009).

### ***Penicillium sp.***

Es uno de los géneros más frecuentes en el aire, ubicuo en todo tipo de suelos, en la vegetación en descomposición y usual contaminante de alimentos.

Las colonias presentan un aspecto pulverulento, aterciopelada, algodonosa, con una superficie variable que pueden ser lisas, surcadas, zonadas, azonadas, formando círculos concéntricos, con una coloración que va desde un verde grisáceo hasta un amarillo intenso en la parte central y blanco en los márgenes. También es importante la presencia de exudados, que pueden ser desde incoloros a intensos y los pigmentos solubles, que tiñen al medio de cultivo; los conidios presentan una forma típica de ramillete o pincel, los cuales pueden ser monoverticilados, biverticilados y triverticilados (Aira *et al.*, 2005).

Las esporas del *Penicillium sp.* Producen keratitis, oído externo, e infecciones del tracto respiratorio y urinario. Normalmente están asociados con padecimientos severos e invasivos en huéspedes inmunocomprometidos. Varias especies crecen a la temperatura corporal. Este género produce muchas toxinas, sin embargo los efectos en salud han sido poco investigados a la fecha (Castro, 2009).

### ***Trichoderma sp.***

Son las especies más comunes viven sobre madera en descomposición pero también han sido citadas como patógenos oportunistas en humanos y causantes de algunas micosis sistémicas en individuos con compromiso inmune.

Forman colonias de crecimiento muy rápido, inicialmente blanquecinas, pero pronto aparecen zonas verdosas correspondientes a las masas de conidios, al principio en los márgenes de la colonia y luego en toda ella y conidios esféricos a subsféricos, de apariencia hialina a verdosos (Aira *et al.*, 2005).

Los efectos más comunes producidos por estas esporas son alergias de Tipo I, caso del asma y pneumonitis hipersensitiva de Tipo III. Son capaces de causar infecciones en personas inmunocomprometidas. Estas enfermedades incluyen peritonitis perihepática e infecciones de la cavidad pulmonar. *Trichoderma* puede producir toxinas como los trichothecenes y péptidos cíclicos que pueden causar micotoxicosis bajo circunstancias muy específicas (Castro, 2009).

### ***Cladosporium sp.***

Se caracterizan por presentar conidios los cuales son muy abundantes en la atmósfera de todo el planeta, especialmente en primavera y verano. Debido a su capacidad alergógena, forman parte de la batería de extractos usados en las pruebas de alergia. También pueden producir infección pulmonar y cutánea en pacientes debilitados.

Es el género más común en el material vegetal, el suelo siendo pionero en sustratos en descomposición, en particular en hojas y tallos de muchas plantas. Se caracterizan por que presentan colonias de crecimiento moderado, de aspecto aterciopelado, pulverulento, con superficies afieltradas, granulosos, planos algunas

veces radiados, y los colores van desde el verde grisáceo a un pardo oliváceo. Sus conidios son elipsoidales a limoniformes, de paredes lisas o débilmente verrucosas, de color pardo oliváceo, unicelulares o tabicados, con cicatrices oscuras que señalan la zona de unión en la cadena (Aira *et al.*, 2005).

Las esporas del *Cladosporium* sp. son una causa común de efectos alergénicos, como alergias de tipo I caso del asma, y pneumonitis hipersensitiva de tipo III. Generalmente no es patogénico, pero puede causar cromoblastosis en climas tropicales y sub tropicales. Se ha encontrado que *Cladosporium* produce algunas toxinas, sin embargo los efectos de estas toxinas en la salud humana no han sido bien estudiados (Castro, 2009).

#### ***Alternaria* sp.**

Presenta colonias de crecimiento rápido, con un aspecto aterciopelado, con colores oscuros u negros y sus conidios claviformes a elipsoidales, de colores pardos, dorados, de paredes lisas o levemente verrucosas, generalmente con 4 a 7 septos transversos, y uno o dos longitudinales y con uno de sus extremos terminado en un ápice largo y un poro basal conspicuo. Se caracterizan por descomponer la celulosa, es un importante agente causal de biodeterioro, puede causar lesiones en la piel y sus conidios contienen importantes alérgenos (Castro, 2009).

#### ***Ulocladium* sp.**

Forma colonias de crecimiento rápido, aterciopeladas a lanosas, negras o negro -oliváceas y conidios elipsoidales, pardos, verrucosos, con un poro basal conspicuo que aparecen en cadenas cortas. Son hongos saprofiticos, es común en restos vegetales, en el tallo de muchas plantas y semillas; también afectan a materiales textiles, insectos y a humanos (Aira *et al.*, 2005).

Los efectos en salud más comunes son los alergénicos y estos generalmente se presentan en la forma de alergias de Tipo I, caso asma. Se ha asociado con phaeohyphomycosis, así como en raras infecciones de tejido subcutáneo. Hasta ahora no se conocen toxinas de *Ulocladium* (Castro, 2009).

#### **e. División Chytridiomycota**

El más simple de los hongos pertenece a la división Chytridiomycota. Esta división contiene una clase, Chytridiomycetes, y sus miembros se conocen familiarmente como los Quitridios. Estos son hongos simples terrestres y acuáticos que se reproducen asexualmente. Se cree que los Quitridios han derivado de un protozoo ancestro con flagelación similar. Cuando se produce la reproducción sexual, da lugar a un cigoto que generalmente se convierte en una de esporas en reposo o esporangio. Algunos pueden crecer de materia orgánica muerta, mientras que otros son parásitos de algas. Especies tales como *Allomyces* se utilizan en el estudio de la morfogénesis (Prescott *et al.*, 2002).

### **4.6. FUENTES COMUNES Y TRANSPORTE DE MICROORGANISMOS**

Se identificaron las fuentes microbianas del aire interior como del aire exterior, fuentes relacionadas con el crecimiento microbiano como en las estructuras de las construcciones. El transporte de los microorganismos depende en gran medida del tamaño de estos (Aydogdu *et al.*, 2004).

La fuente principal de hongos transmitidos por el aire hacia ambientes internos, proviene generalmente del aire exterior, pero también proviene de algunos factores ambientales internos como los niveles de humedad o la alta humedad relativa que fomentan el crecimiento de los hongos (Aydogdu y Asan, 2007).

Los hongos ingresan fácilmente a los ambientes internos por circulación de las vías de las puertas, ventanas, sistemas de ventilación, y sistemas de aire acondicionado (Rolka, 2005).

Diversos trabajos en Europa y Estados Unidos han comprobado que los sistemas de filtración del aire se encuentran en mal estado o son inadecuados, las entradas del aire exterior generalmente están cerradas con el objetivo de optimizar la conservación de energía, además los ductos del aire están excesivamente sucios o que los sistemas de aire acondicionado presentan contaminación con materia orgánica diversa (Rivera *et al.*, 2009).

Los edificios de oficinas y escuelas públicas, en particular, son los sitios más comunes en donde se presentan los mayores problemas de calidad del aire interior. Por lo tanto causan efectos adversos en la salud (Aydogdu *et al.*, 2004).

Los estudios de poblaciones de microorganismos transmitidos por el aire provenientes de ambientes internos incluyendo casas, oficinas, hospitales, colegios y guarderías son cada vez más importantes debido a los efectos adversos de salud asociados con los bioaerosoles y porque muchas personas pasan más el tiempo en ambientes cerrados (Aydogdu y Asan, 2007).

#### **4.7. VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL NÚMERO Y TIPO DE MICROORGANISMOS TRANSMITIDOS POR EL AIRE.**

Los hongos viven en todos los climas de la tierra en presencia de una adecuada humedad, temperatura y un sustrato orgánico disponible. Sus comunidades, se adaptan a vivir en la mayoría de los ambientes del suelo, así como sobre vegetales vivos o sus restos en descomposición y también en aguas dulces y saladas.

Las esporas en suspensión, permanecen en el aire confinado o libre acorde a las estaciones del año y a los factores climáticos, considerándose el aire un ambiente transitorio que permite la distribución a distancia de estos organismos, pues la mayoría de las esporas fúngicas pasan parte de su ciclo biológico en la búsqueda de nuevas fuentes de sustrato y la supervivencia de la especie.

Los hongos son más abundantes en zonas tropicales y subtropicales húmedas, muchas especies viven en climas fríos, áridos y desérticos o en ambientes extremos. Las condiciones óptimas de crecimiento y reproducción pueden variar y adaptarse ampliamente a diferentes condiciones ambientales según las especies. Los hongos tienen varios modos de vida lo que los convierte en organismos de vital importancia en los ecosistemas. La gran mayoría son saprofitos o sea descomponedores de materia orgánica muerta y junto con las bacterias, la transforman en productos asimilables para ellos y las plantas, liberando diversos elementos útiles en los diversos ciclos del suelo (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, hierro, calcio, magnesio, zinc, etc.) y liberando CO<sub>2</sub>, que puede ser reutilizado por las plantas en la fotosíntesis.

Estos saprofitos intervienen en una gran cantidad de reacciones benéficas para el hombre y la industria. Sin embargo, no todo es favorable en el mundo de los hongos; los de crecimiento rápido llamados "mohos" afectan a los cereales almacenados produciendo a veces micotoxinas muy cancerígenas para el hombre y los animales (aflotoxinas, tricotecenos, ocrataxinas, fumonisinas, etc.). Debido a su capacidad de colonizar sustratos duros como la madera, pueden dañar gravemente las construcciones, sobre todo si se humedecen (Aira *et al.*, 2005).

#### **4.7.1. VARIABLES FÍSICAS**

La concentración de hongos en un edificio pueden proliferar fácilmente debido a ciertas variables físicas, tales como nivel de humedad relativa del aire, temperatura, precipitación, velocidad del viento, dirección del viento y la presión barométrica (Aydogdu *et al.*, 2004).

El patrón en la concentración de hongos en una temporada a menudo muestra una marcada periodicidad y las fluctuaciones están relacionadas con las condiciones meteorológicas (Basilico *et al.*, 2007).

#### **4.7.2. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA**

La presencia de humedad o la alta humedad relativa es un catalizador suficiente para la germinación y crecimiento de esporas de hongos. Algunos de estos hongos pueden causar alergia o reacciones tóxicas, mientras que unos pocos pueden causar infecciones en individuos susceptibles (Basilico *et al.*, 2007).

La mayoría de las especies de hongos crecen y se reproducen bien solamente en sustratos sólidos, pero necesitan alta humedad. Algunas esporas, han sido dotadas de mecanismos para resistir la desecación por largos períodos de tiempo, pero para su germinación es necesaria una alta humedad relativa (HR). Muchos hongos crecen bien si se sumergen en agua y algunos son normalmente encontrados sumergidos en ella. Estos son los hongos acuáticos que pertenecen, a los Hipochytrídiomycetes. Las esporas de muchos hongos dejan de germinar si éstos son sumergidos en agua, principalmente

debido a que necesitan de oxígeno. Si ellos flotan en la superficie germinan en gran número. En la mayoría de los casos la mejor germinación tiene lugar cuando la humedad está por encima de 90%, en casos de que la HR. Sea de 70% constituye el límite inferior para su crecimiento; aunque algunos crecen con mucha lentitud a una HR menor del 65% (Subero, 2001)

#### **4.7.3. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA**

Los hongos reaccionan a la temperatura de la misma manera que las plantas verdes. Estos en su mayoría son mesófilos, crecen a temperaturas moderadas en un intervalo de 10 a 40 °C, estando la óptima entre 25 y 35 °C. Pocos hongos son termófilos y crecen en el intervalo de 20 a 50 °C, con una temperatura óptima de 40 °C y un límite máximo de 60 a 62 °C. Son relativamente pocos los ambientes que favorecen a los hongos termófilos, pero éstos desempeñan funciones importantes en los procesos de formación de composta (Subero, 2001).

Los hongos que parasitan al hombre y a otros animales de sangre caliente y que a menudo causan micosis profundas cambian de forma miceliar a levaduriforme, cuando la temperatura se eleva de 20 - 25°C a 37° C (Lura *et al.*, 1997).

#### **4.8. EFECTOS SOBRE LA SALUD RELACIONADAS CON EL AIRE INTERIOR**

Según la Nota Técnica de Prevención 243, los contaminantes presentes en el aire ambiente penetran en el organismo por inhalación y por tanto afectan inicialmente al tracto respiratorio, pudiendo también ser absorbidos y afectar a otros órganos o acumularse en distintos tejidos. Asimismo, puede haber contaminantes que provoquen irritación en los ojos o que generen problemas dérmicos (erupciones y picores). Los efectos sobre el tracto respiratorio son irritación de nariz, garganta y bronquios, con posibilidad de provocar cambios en la reactividad bronquial, o liberación de un mediador inducida por alérgenos que conducen a la aparición de rinitis, asma o neumonitis hipersensitivas. Por otra parte los contaminantes microbianos pueden provocar enfermedades infecciosas.

Los síntomas que se relacionan con una deficiente calidad del aire en el interior de un edificio son: dolor de cabeza, mareos, náuseas, fatiga, piel seca, irritación de ojos, congestión de senos nasales y tos. Es a menudo difícil diferenciar entre los causados directamente por el medio ambiente y los de origen psicológico. No hay que olvidar que un aire de pobre calidad provoca malestar, pudiendo desencadenar reacciones psicológicas complejas, cambios de humor, de estado de ánimo y dificultades en las relaciones interpersonales (Nota Técnica de Prevención 243).

Los efectos sobre la salud por los contaminantes biológicos o no biológicos emanados al aire interior han sido las fuentes de la creciente preocupación dentro de la comunidad científica (Basilico *et al.*, 2007). La presencia de bacterias en el aire puede ser la causa más importante de la transmisión de las enfermedades (Aydogdu *et al.*, 2004).

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. (García *et al.*, 2005).

Las bacterias y los hongos en el aire pueden ser la causa de una variedad de enfermedades infecciosas, así como los efectos alérgicos y tóxicos en los seres humanos; las principales enfermedades son el asma, la rinitis y los eczemas. Las enfermedades respiratorias por causa de los contaminantes en el aire son un problema común para los seres humanos, en particular para los niños (Aydogdu *et al.*, 2004).

Muchas esporas fúngicas son alergénicas, con capacidad de producir respuestas alérgicas en individuos susceptibles. Un pequeño grupo de hongos son patógenos y algunos producen micotoxinas, que pueden estar dentro de las esporas y pueden ser inhalados con ellas (Albright, 2001; Fernández y Vaamonde, 1996).

Los factores ambientales como la contaminación del aire interno y externo, el humo del cigarro y la temprana exposición a alérgenos inhalados juegan un papel importante en el desarrollo del asma en niños predispuestos genéticamente (Yazicioglu *et al.*, 2004).

Los principales hongos que causan los síntomas de alergias en niños son *Cladosporium*, *Alternaria* y *Aspergillus* (Aydogdu *et al.*, 2004).

Los hongos pueden causar infecciones crónicas leves, a veces sistemáticas graves principalmente en personas con bajas defensas (inmunodeprimidas). Las infecciones micóticas en el hombre pueden agruparse en superficiales, oportunistas o sistémicas, de acuerdo al órgano que parasitan; las micosis subcutáneas, que afectan las capas más profundas de la epidermis son producidas por hongos patógenos que por lo general crecen en el suelo en materia orgánica en descomposición y son introducidos accidentalmente al tejido subcutáneo, donde se desarrolla la enfermedad y las micosis sistémicas, que afectan órganos internos donde producen granulomas, abscesos y raras veces la muerte. Los hongos patógenos no producen toxinas, sin embargo pueden inducir reacciones de hipersensibilidad. Los hongos sistémicos producen la Histoplasmosis, que es una enfermedad micótica causada por el hongo dimorfo, llamado *Histoplasma capsulatum*, que afecta principalmente el pulmón y a veces otros órganos (Castro, 2009; Burgos *et al.*, 1997).

La micosis pulmonar es una afección fúngica de los bronquios y los alveolos. El crecimiento de los hongos destruye estas estructuras y reduce por tanto la capacidad de los pulmones (Castro, 2009).

Los hongos patógenos primarios o verdaderos poseen una capacidad de adaptación al organismo humano muy alta, que se manifiesta por su dimorfismo. Cuando invaden el organismo humano, forman levaduras gemantes unicelulares (forma levaduriforme). En este estado parasitario, el metabolismo fúngico aumenta con mayor rapidez que en estado vegetativo/saprofito (hongo filamentoso multicelular). El resultado es un microorganismo que crece y se multiplica con mucha mayor rapidez que en su estado natural a temperaturas más bajas (dimorfismo térmico). Estas formas parasitarias son más susceptibles a la fagocitosis de los macrófagos. Muchas de estas infecciones se resuelven de manera espontánea (Castro, 2009).

#### **4.8.1. SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO**

Existen dificultades para definir lo que se entiende por edificio enfermo y por síndrome del edificio enfermo. En la práctica los edificios enfermos son una parte de los edificios que presentan problemas. Estos edificios están, generalmente, equipados con aire acondicionado, aunque también pueden estar ventilados de forma natural. Sus ocupantes presentan quejas referentes a su salud en una proporción mayor a la que sería razonable esperar (>20%) y las causas son difíciles de identificar dado que en muchos

casos tienen un origen multifactorial. Síndrome del edificio enfermo (SEE) es el nombre que se da al conjunto de síntomas diversos que presentan, predominantemente, los individuos en estos edificios y que no van en general acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico, diagnosticándose, a menudo, por exclusión (Nota Técnica de Prevención 289).

El síndrome de edificio enfermo hace referencia al conjunto de síntomas que afectan a algunos de los ocupantes de edificios durante el tiempo que pasan en éstos y que disminuyen o desaparecen en los periodos en que dejan de frecuentar estos sitios. El término de enfermedades relacionadas al edificio se utiliza cuando los síntomas de enfermedad pueden diagnosticarse, y atribuirse directamente a contaminantes aéreos en el edificio. Los factores que condicionan la enfermedad pueden ser económicos, físicos, químicos y/o biológicos. Cabe mencionar que en 500 edificios analizados en estados Unidos y Europa se comprobó que los sistemas de filtración de aire estaban mal ajustados o eran inadecuados, las entradas de aire exterior estaban cerradas con objetivo de optimizar la conservación de energía, los conductos de aire estaban excesivamente sucias y los sistemas de aire acondicionado presentaban contaminación con materia orgánica diversa (Castañeda *et al.*, 2003).

El síndrome del edificio enfermo ha sido definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados. La OMS distingue dos tipos de edificios enfermos, el que presentan los edificios temporalmente enfermos, donde se incluyen edificios nuevos o de reciente remodelación en los que los síntomas disminuyen y desaparecen con el tiempo, aproximadamente medio año; y los que presentan edificios permanentemente enfermos, donde los síntomas persisten, a menudo durante años (Aydogdu *et al.*, 2004). Esta misma distinción de edificios que realiza la OMS también se menciona en la Nota Técnica de Prevención 289.

También se define el Síndrome del Edificio Enfermo (SBS de sus siglas del inglés Sick Building Syndrome), como un síndrome leve, que se manifiesta en los ocupantes de un edificio y cuyas causas radican en el propio edificio. El SBS preocupa especialmente en los entornos laborales, ya que sus principales consecuencias son económicas, al provocar una disminución de la productividad de los trabajadores afectados (Manzano *et al.*, 2007).

Los síntomas que más usualmente se describen dentro del SBS son:

- síntomas de las mucosas nasales, escleral y de la garganta;
- sequedad de la piel;
- síntomas generales: dolor de cabeza, letargia, dificultad para concentrarse, y pérdida de capacidad de memoria a corto plazo.

Los factores que contribuyen a su aparición son, entre otros: temperatura, iluminación, exposición a monitores, productos de limpieza, y calidad del aire, en la que influyen la presencia de hongos y bacterias, polvo, humo de tabaco, la ventilación, etc. (Manzano *et al.*, 2007).

La presencia de agentes biológicos en el aire de interiores, tal es el caso de bacterias y hongos, puede contribuir al síndrome del edificio enfermo, condicionando padecimientos en vías respiratorias, ojos y en la piel de los ocupantes (Rivera *et al.*, 2009).

El término síndrome del edificio enfermo es de uso común para los problemas de salud relacionados con calidad del aire interior. La falta de limpieza y control de la calefacción, ventilación y sistemas de aire acondicionado puede permitir el crecimiento microbiano, lo que provoca rinitis, bronquitis, faringitis, neumonía, conjuntivitis y queratitis en los usuarios. Según la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado Ingenieros (ASHARAE), si el 20% o más de los usuarios presentan los síntomas antes mencionados, estos lugares son considerados edificios enfermos. Hay que hacer hincapié en que otros factores pueden agravar el SBS, incluyendo la calidad, insuficiencia o la mala distribución del aire, además del ineficiente control de temperatura y humedad del aire interno (Ross *et al.*, 2004).

#### **4.9. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES**

No hay un cierto nivel de la concentración de los hongos ambientales que puede ser considerado seguro. Esto depende de la concentración fúngica de los ambientes externos y de los tipos de esporas presente en el ambiente interno. Cada oficina, cada edificio o cada casa deben ser considerados como un caso separado y único. Generalmente la concentración

fúngica de los ambientes internos es menor que la presente en los externos (Berlongieri, 1999; Burge *et al.*, 2000).

En la actualidad no existe en nuestro país ninguna norma que especifique estándares de calidad del aire interior ni de la concentración específica de microorganismos ambientales presentes, esto es un problema muy grave que no solo se presenta en nuestro país sino a nivel mundial, esto ha despertado el interés de la ciencia para realizar diversas investigaciones referidos al tema por las consideraciones y efectos en la salud mencionadas anteriormente (Bartlett *et al.*, 2004; Basilico *et al.*, 2007)

A pesar de la posibilidad de efectos adversos para la salud debido a la exposición a hongos, no se han propuesto límites de exposición. En parte esto se debe a la dificultad de caracterizar con precisión las concentraciones de esporas de hongos acumulativos. Las esporas de hongos son omnipresentes en el medio ambiente y varían en la concentración estacional, geográfica y por ciclo diurno, haciendo que la interpretación de los datos de concentración de hongos sea problemática (Bartlett *et al.*, 2004).

Existen muchos estudios sobre la calidad de aire en interiores, aunque en la actualidad no existen normas del gobierno que especifican las concentraciones admisibles o aceptables de hongos en el aire interior (Basilico *et al.*, 2007).

Se estableció que la concentración de hongos en ambientes internos por encima de 2000 UFC/m<sup>3</sup> puede ser considerada como un factor de riesgo serio para la salud de los ocupantes (Klanova, 2000)

#### **4.10. NORMAS Y REGLAMENTOS**

En el Perú, en la actualidad no existen normas relacionadas a la calidad de aire interna, por lo tanto no existen valores referenciales o estándares de calidad de aire para ambientes cerrados, pero a nivel internacional existe una creciente demanda de normalización de la calidad del aire para los ambientes internos, esta normativa internacional hace referencia a los criterios que se deben tener en cuenta para el diseño y la correcta ventilación que se debe tener en estos ambientes así como también las condiciones para que se tenga una calidad de aire aceptable.

Asimismo existen una variedad de Notas Técnicas de Prevención, elaboradas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, de estas NTP se ha obtenido información importante para la identificación y método de recuento de hongos en el aire, además de otros temas relacionados con la calidad del aire en ambientes cerrados como las enfermedades, el SEE y los factores de riesgos que ocasionan las malas condiciones de estos ambientes que no sólo afecta a la población laboral, sino también al resto de la comunidad, ya que está demostrado que el hombre urbano pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en ambientes cerrados, contaminados en mayor o menor grado. Este problema se ha visto potenciado desde que una creciente necesidad de ahorro energético ha llevado al diseño de edificios más herméticos, con una mayor recirculación del aire, y en consecuencia con un posible aumento de la contaminación interior.

A continuación se detallan las normas, guías y Notas Técnicas de Prevención a nivel internacional relacionadas al presente trabajo de investigación.

#### **4.10.1. NORMATIVA INTERNACIONAL**

- ASHRAE 62-1989 (Ventilación para calidad aceptable aire)
- OSHA – 59/94 (Indoor Air Quality)
- EPA (Guías de calidad de aire – 62/138 CFR 40)
- EUROPEAN CONCERTED ACTION Report N°11 (Guía de necesidades)
- Comité Europeo Normalización CEN CT n° 156 Normas parámetros de ventilación y diseño ambientes interiores
- prENV 1752/96 Ventilación de edificios. Criterios diseño de ambientes de interior

#### **4.10.2. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES DE ESPAÑA**

Notas Técnicas Prevención:

- NTP-243 (Calidad del aire ambientes cerrados)
- NTP-288 (SEE Enfermedades relacionadas y bioaerosoles)
- NTP-289 (SEE Factores de riesgo)
- NTP-335 (Polen y esporas fúngicas en CAI)
- NTP-203 (Evaluación contaminantes biológicos)

- NTP-431 (Caracterización CAI)
- NTP-299 (Método recuento bacterias y hongos en aire)
- NTP-488 (Identificación de hongos en CAI)

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. MATERIALES**

#### **5.1.1. LUGAR**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las siguientes instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina:

- Biblioteca Agrícola Nacional (BAN).
- Laboratorio de Biotecnología Ambiental –Biorremediación de la Facultad de Ciencias, Dpto. de Biología.

Los lugares de muestreo se realizarán en los diferentes ambientes internos de la Biblioteca Agrícola Nacional, los cuales están especificados posteriormente en la metodología; el análisis de las muestras se realizará en el laboratorio de Biotecnología Ambiental – Biorremediación.

#### **5.1.2. MATERIALES PARA LABORATORIO Y MUESTREO**

- Placas Petri de 10 cm
- Tubos de ensayo: 15x150 mm
- Porta y cubre objetos
- Guantes quirúrgicos desechables
- Solución desinfectante (Alcohol al 95%)
- Recipiente refrigerante (cooler)
- Papel toalla
- Plumón indeleble
- Cinta adhesiva

### **5.1.3. EQUIPOS**

- Muestreador microbial de aire de 6 plataformas (6-stage), modelo FS C-A6 Honri Air Clean. Multi-orificio, impactador de cascada.
- Termohigrómetro
- Autoclave
- Balanza analítica
- Estufas de incubación
- Microscopios ópticos de investigación
- Cámara digital fotográfica
- Computadora portátil

### **5.1.4. REACTIVOS**

- Agua destilada o desionizada.
- Soluciones colorantes: azul de metileno y cotton blue.
- Hidróxido de potasio (KOH).
- Alcohol.
- Cloranfenicol.

### **5.1.5. MEDIO DE CULTIVO**

- Agar - Sabouraud con cloranfenicol

Está compuesto por:

- Peptona de caseína..... 5.0 g/L
- Peptona de carne..... 5.0 g/L
- Glucosa.....10.0 g/L
- Cloranfenicol.....0.05 g/L
- Agar - agar..... 15.0 g/L
- pH del medio a punto de uso: 5.6, aproximadamente

## **5.2. MÉTODOS**

### **5.2.1. PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO**

#### **Agar - Sabouraud con cloranfenicol**

Suspender los 65.5g de la mezcla en un litro de agua destilada y llevar a ebullición. Esterilizar en autoclave durante 10 minutos a 121°C. Evitar el sobrecalentamiento que afectaría a la gelificación. Una vez distribuido en placas Petri hacer la prueba de esterilidad.

Se utiliza este medio de cultivo sólido específico para efectuar el conteo de hongos. Una vez tomada las muestras, se trasladan las placas Petri al laboratorio dejándolas a temperatura ambiente durante 4 a 5 días.

### **5.2.2. MUESTREO DEL AIRE**

Las muestras de aire fueron tomadas durante el horario de actividad de la BAN. Se tomaron con el equipo dos muestras de aire al mismo tiempo, de manera consecutiva en los 13 puntos de muestreo seleccionados, realizándose tres repeticiones en cada punto en tres tiempos diferentes, esto se realizó cada semana durante todo el periodo de muestreo en los meses de octubre y noviembre del 2011.

Se obtendrán muestras de aire mediante el uso de un muestreador microbial de aire de seis estadios modelo FS C-A6 Honri Air Clean. Multi-orificio impactador de cascada, con la cual se podrá medir la concentración y distribución del tamaño de partícula de los hongos en el aire interior en los diferentes ambientes de la BAN.

Los puntos de muestreo seleccionados se muestran en el Cuadro 3 y son los siguientes:

**Cuadro 3: Sitios de muestreo**

Nº	Sitio de muestreo
1	Parte frontal de la BAN
2	Sala Q Ciencias puras
3	Sala tesis
4	Parte posterior de la BAN
5	Baño de hombres
6	Baño de mujeres
7	Sala de investigación
8	Módulos de lectura
9	Oficina de servicio al publico
10	Caja y fotocopias
11	Sala Agricultura
12	Sala Ciencias sociales
13	Hemeroteca

Antes que se tomaran las muestras con el muestreador microbial, se esterilizó la cubierta del aparato. Este se llevó a cabo limpiando la cubierta del aparato con una solución de alcohol al 95%.

A continuación se colocaron las 2 placas Petri en el lugar indicado del aparato de muestreo. Para manejar las placas Petri (conteniendo ya el medio de cultivo) y el muestreador, se utilizaron guantes estériles desechables. Después de cada bloque de toma de muestras, limpiar la cubierta del muestreador con una solución de alcohol al 95%, teniendo la precaución de que se haya secado totalmente antes de tomar una nueva muestra.

El equipo dispone de un control de tiempo, El tiempo de succión es programable desde 1 hasta 99 minutos; cumplido con el tiempo establecido el apagado es automático. El sistema se completa con una bomba que succiona aire a una velocidad de 28.3 L/minuto.

El tiempo y el volumen de muestreo dependen de la contaminación ambiental que se sospeche. Cuanto mayor sea ésta, menor es el tiempo de muestreo que se debe aplicar y viceversa. Para nuestro estudio el tiempo para cada toma de muestra será de 5 minutos en cada uno de los puntos seleccionados. El volumen de aire para cada muestra en los 5 minutos será de 141.5 litros.

Todas las muestras serán enviadas al laboratorio el mismo día de la toma para incubarlas con su respectivo control de la temperatura.

### **5.2.3. MEDICIÓN DE VIENTO**

Para realizar este análisis, se obtendrán los datos de velocidad y dirección del viento para los días mencionados anteriormente dentro del periodo de muestreo, estos datos serán proporcionados por el Observatorio Von Humboldt, los cuales serán procesados con un software WRPLOT View versión 5.9 para realizar la rosa de viento de la zona de estudio. Esta información es importante ya que es a través del viento que las esporas de los hongos se aerotransportan y nos ayudará para la interpretación de los resultados que se obtengan.

### **5.2.4. MEDIDA DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA**

Los datos de temperatura y humedad se tomarán de manera simultánea en cada uno de los puntos de muestreo seleccionados con un termohigrómetro. Todos los datos obtenidos dentro del periodo de muestreo se procesaran y serán tabulados para su posterior interpretación.

### **5.2.5. RECUENTO DE COLONIAS**

Después de la toma de muestras en los ambientes de la BAN, se incubaran las placas con las muestras a un rango de temperatura de 20 a 25°C (temperatura ambiente) por 4 o 5 días, permitiendo el crecimiento de ciertas colonias representativas.

Pasado el tiempo de incubación (4 o 5 días), se observó el crecimiento de las colonias y se procedió al recuento de las mismas determinando el número de colonias formadas por cada placa.

Una vez terminado con el conteo, se realizó un examen directo de las colonias para identificar los cultivos, presencia de conidias, esporas y otros. Asimismo se analizarán las características macroscópicas de las colonias: grado de crecimiento, aspecto superficial, presencia de pigmento en el anverso y reverso, con lo cual se podrá identificar los diferentes hongos presentes, así como sus características microscópicas.

Si se dificultara la identificación, se realizará el cultivo en cámara húmeda, el cual es un sistema esterilizado que consta de una placa petri conteniendo un disco de papel filtro y una varilla de vidrio en forma de “U” que soporta dos laminas porta y cubre objetos. Asépticamente se secciona una pequeña porción de medio de cultivo estéril (agar sabouraud), y se coloca sobre la lámina porta objetos. Realizada la siembra del hongo en estudio, la preparación se cubre con la otra lámina y el papel filtro se humedece conservando la asepsia. La placa es incubada a temperatura ambiente (20 - 25 °C) por 4 o 5 días.

#### **5.2.6. CÁLCULOS**

Una vez determinado el número de colonias, y sabiendo el flujo de aire (28.3 L/minuto) y el tiempo de muestreo (5 minutos) que se ha aplicado, se puede calcular el número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por metro cúbico de aire, aplicando la fórmula siguiente en base a la Nota Técnica de Prevención 299:

$$\text{Nº UFC/m}^3 = \text{NC} \times 10^3 / 141.5$$

Donde:

NC: número de colonias por placa

### a. Análisis estadístico

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es determinar la concentración de los hongos ambientales, existentes en el aire interior de los diferentes ambientes de la BAN, con la finalidad de evaluar la calidad de aire interna y poder conocer la situación actual para proponer alternativas de mejora.

El análisis estadístico para estimar la relación de la concentración de los hongos ambientales (Y) con respecto a la humedad relativa(X1) y temperatura ambiente (X2), se realizará mediante un análisis de regresión lineal múltiple, ya que esta técnica permitirá estimar el valor de una variable dependiente (Y) en función de las variables predictoras (Xs).

El modelo de regresión múltiple:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

Donde:

Y: variable respuesta que se quiere predecir

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ : son los coeficientes de regresión

$x_1, x_2, \dots, x_k$ : son las variables predictoras independientes que se miden sin error.

$\varepsilon$ : error aleatorio de la variable respuesta.

Por lo tanto las variables para el presente estudio serán las siguientes:

La variable respuesta es:

Y = La concentración de los hongos ambientales.

Las variables predictoras independientes son:

$x_1$  = Humedad Relativa

$x_2$  = Temperatura ambiente

Para confirmar la dependencia de relación de la variable Y (concentración de hongos) respecto a las variables x (humedad relativa, temperatura ambiente, se utilizará el análisis de variancia y la prueba F de Fisher. Igualmente para evaluar el efecto de cada variable X, se utilizará la prueba t de Student.

Todos los análisis estadísticos serán realizados utilizando el software estadístico MINITAB versión 16.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio realizado permitió identificar los principales géneros de hongos existentes en el aire interior de los ambientes estudiados en la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN). Se aislaron, enumeraron e identificaron un total de 1294 colonias fúngicas en promedio (1024 en ambientes internos y 270 en ambientes externos) a partir de 468 placas de petri, pertenecientes a 13 géneros fúngicos además de Levaduras, Rhodotorulas y Micelios sin esporular, durante los dos meses de muestreo. La mayoría de los hongos ambientales aislados que se identificaron, son esporas asexuales pertenecientes a la División Deuteromycota y Zygomycota, los cuales coinciden con lo encontrado por Bueno *et al.* (2003). Los diferentes géneros encontrados según el aislamiento realizado de las esporas fúngicas suspendidas en el aire interior de la biblioteca fueron los siguientes: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Geotrichum*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Pithomyce*, *Stemphylium*, *Ulocladium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Mucor* y *Rhizopus*. Estos géneros pertenecen a los dos grupos mencionados anteriormente según su clasificación. Estos resultados evidencian la presencia de hongos en estos ambientes e indican su amplia variedad.

**Cuadro 4: Concentración de esporas fúngicas por sitios y fechas de muestreo expresadas UFC/m<sup>3</sup>**

N°	Sitio de muestreo	Mes: Octubre				Mes: Noviembre		Total
		1 <sup>er</sup> día: 3	2 <sup>do</sup> día: 12	3 <sup>er</sup> día: 20	4 <sup>to</sup> día: 28	5 <sup>to</sup> día: 8	6 <sup>to</sup> día: 24	
1	Parte frontal de la BAN	212.01	75.38	129.56	70.67	227.33	298	<b>1012.95</b>
2	Sala Q Ciencias puras	108.36	81.27	81.27	75.38	259.13	120.14	<b>725.55</b>
3	Sala tesis	65.96	56.54	53	38.87	207.3	140.16	<b>561.83</b>
4	Parte posterior de la BAN	140.16	81.27	88.34	89.52	282.69	213.19	<b>895.17</b>
5	Baño de hombres	146.05	87.16	76.56	85.98	163.72	97.76	<b>657.23</b>
6	Baño de mujeres	115.43	199.06	134.28	90.69	177.86	131.92	<b>849.24</b>
7	Sala de investigación	70.67	28.27	62.43	81.27	280.33	57.71	<b>580.68</b>
8	Módulos de lectura	134.28	109.54	98.94	76.56	321.55	97.76	<b>838.63</b>
9	Oficina de servicio al público	83.63	31.8	65.96	56.54	147.23	42.4	<b>427.56</b>
10	Caja y fotocopias	154.3	70.67	63.6	84.81	163.72	259.13	<b>796.23</b>
11	Sala Agricultura	84.81	34.16	54.18	54.18	201.41	267.37	<b>696.11</b>
12	Sala Ciencias sociales	51.83	17.67	62.43	62.43	169.61	301.53	<b>665.5</b>
13	Hemeroteca	83.63	53	55.36	55.36	82.45	109.54	<b>439.34</b>

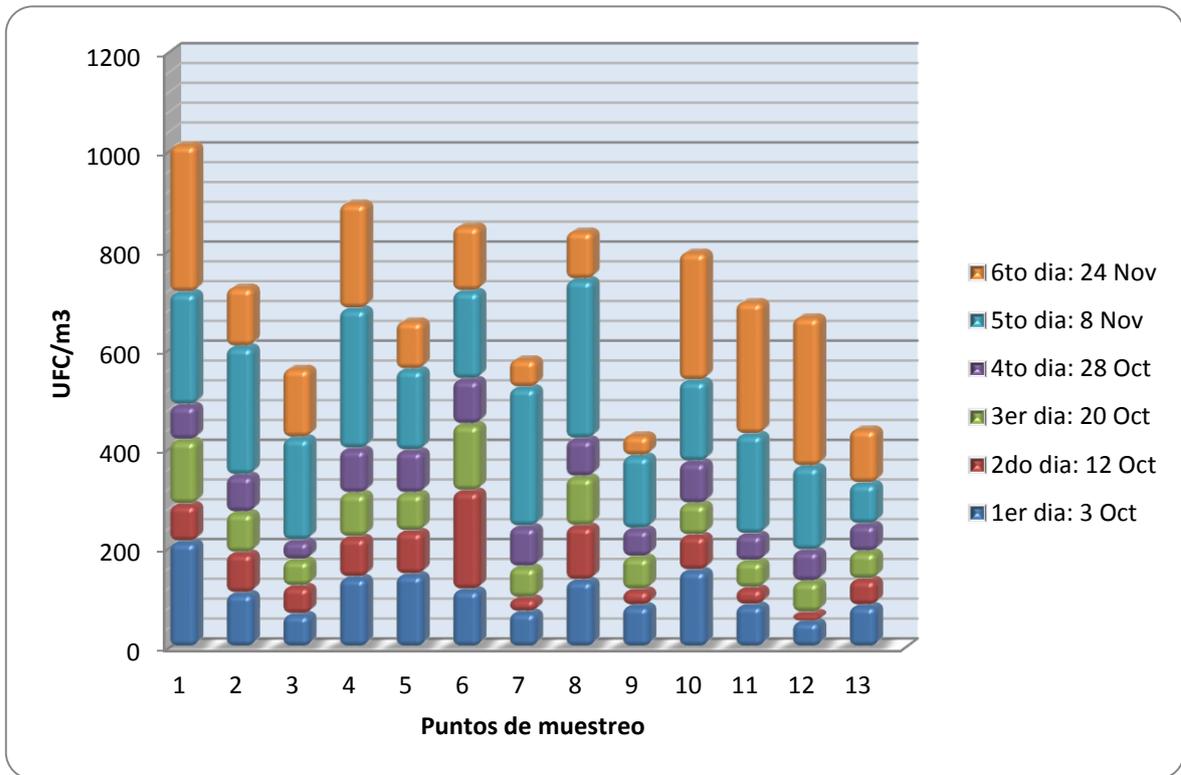
*Fuente: Elaboración propia*

En el cuadro 4, se muestra la concentración media de esporas fúngicas que se encontraron en los trece sitios de muestreo, tanto en los ambientes internos como en los dos puntos externos que se ubicaron al ingreso y salida de la biblioteca, así como las fechas que se realizaron cada uno de los seis muestreos. Estos datos están expresados en Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m<sup>3</sup>). En los dos ambientes externos, los sitios 1 (Parte frontal de la BAN) y 4 (Parte posterior de la BAN), fueron los sitios de muestreo donde hubo mayor concentración de esporas fúngicas alcanzando valores de 1012.95 UFC/m<sup>3</sup> y 895.17 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente, en comparación a los once ambientes internos distribuidos en los tres niveles de la biblioteca. Según los datos mencionados anteriormente de los ambientes externos, se puede verificar que en conjunto presentan una concentración de 1908.1 UFC/m<sup>3</sup>, solo estos dos ambientes externos representan un poco más de la quinta parte o en datos exactos el 20.86% de la concentración total de los 13 ambientes estudiados. Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Aydogdu y Asan (2007) y por lo que mencionan Berlongieri (1999) y Burge *et al.* (2000) que generalmente la concentración esporas fúngicas de los ambientes internos es menor que la presente en los externos. Los lugares con menor concentración de esporas fúngicas, fueron los sitios 9 (Oficina de servicio al público) y 13 (Hemeroteca), estos presentaron valores de 427.56 UFC/m<sup>3</sup> y 439.34 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente, estos valores se pueden haber dado por diversos factores que no han sido objeto de esta investigación pero se mencionarán a continuación y posteriormente. En el sitio 9, existen dos trabajadores en promedio que permanecen en este lugar ya que es un ambiente restringido para el ingreso de personas no autorizadas, por lo tanto el flujo de personas en este ambiente es mínimo en comparación a todos los demás ambientes en la biblioteca, además de ello el lugar posee un área pequeña y con un sistema de ventilación eléctrica la cual puede eliminar las esporas suspendidas en el aire hacia la parte externa del ambiente, asimismo una vez que el personal se retira por algún motivo laboral del lugar, el ambiente es cerrado por lo que se evita el ingreso de estos contaminantes biológicos. Por otra parte el sitio 13 es la Hemeroteca ubicada en el tercer nivel de la biblioteca, este ambiente es el más amplio de todos los demás ambientes estudiados, posee las mejores condiciones de ventilación ya que existen varias ventanas alrededor de este recinto y esto hace que se encuentre mejor ventilado que los demás. Como lo menciona Bueno *et al.* (2003) en su investigación realizada; existen diferentes factores que influyen en la precipitación de las partículas de los hongos ambientales en las salas de una biblioteca como pueden ser: diferentes pisos, modelos de salas, actividad de la gente, diferentes tiempos de exposición de las placas, humedad, ventilación y polución de los

libros. Adicionalmente se puede realizar una comparación entre los valores encontrados en el sitio 5 (baño de hombres) y sitio 6 (baño de mujeres), siendo este primero menor con 657.23 UFC/m<sup>3</sup> frente a los 849.24 UFC/m<sup>3</sup> encontrados en el baño de mujeres, por lo que este segundo ambiente de servicio higiénico excede en 192.01 UFC/m<sup>3</sup>, este incremento en la concentración puede suceder por el tamaño y la ventilación de los baños, el baño de mujeres presenta un área menor y es menos ventilado por tener menor volumen de ambiente además que su puerta permanece más tiempo cerrado que el otro, el tamaño de este baño se debe a que cuando fue construida la biblioteca existía una menor población estudiantil femenina cosa que ha cambiado en la actualidad. También se puede ver que en el sitio 8 (módulos de lectura) se registra 838.63 UFC/m<sup>3</sup> que es la cuarta concentración más alta de todos los ambientes y la segunda de los ambientes internos seguida del baño de mujeres, este valor se puede presentar por lo que el ambiente está expuesto por ventanas alrededor de toda la parte frontal de la BAN que es el ambiente externo donde se encontró la mayor concentración de hongos y además de presentar un mayor flujo de personas constantemente. Por último los sitios 11 (Sala Agricultura) y 12 (Sala Ciencias sociales) son ambientes que presentan casi las mismas condiciones de extensión, ventilación, flujo de personas y trabajadores por lo que se puede apreciar que los valores de sus concentraciones son casi iguales, registrando 696.11 UFC/m<sup>3</sup> y 665.50 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente.

Asimismo, se puede apreciar en este mismo Cuadro 4 como en la Figura 1, que la mayor concentración de esporas fúngicas se registró el 5to día de muestreo con un valor de 2684.33 UFC/m<sup>3</sup> y la menor se registró el 4to día con 922.26 UFC/m<sup>3</sup>. Además, analizando la tendencia en las concentraciones para todos los días de muestreo, se puede ver que inicialmente existe una supuesta elevada concentración de hongos de 1451.12 UFC/m<sup>3</sup>, pero esta disminuye y se mantiene casi sin mucha variación con un promedio en los siguientes tres días de 958 UFC/m<sup>3</sup> hasta el 5to y 6to día de muestreo en donde se alcanzan las mayores concentraciones, siendo estos valores más del doble en comparación a estos tres días anteriores.

**Figura 1: Concentración de esporas fúngicas por sitios y fechas de muestreo**



*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro 5: Recuento de esporas fúngicas por géneros y sitios de muestreo**

Genero	Puntos de muestreo													TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<i>Cladosporium</i>	92,2	69,0	54,1	87,4	56,8	77,0	62,2	84,2	41,3	76,9	69,3	66,8	40,9	<b>878,0</b>
<i>Penicillium</i>	6,0	7,5	3,3	5,6	5,4	7,7	2,8	5,5	4,3	4,0	5,2	4,8	4,0	<b>66,1</b>
<i>Alternaria</i>	12,0	7,6	4,8	10,6	8,6	8,9	6,8	8,1	4,8	9,7	9,2	10,2	5,2	<b>106,5</b>
<i>Aspergillus</i>	3,3	2,0	2,0	3,7	4,2	5,6	1,3	3,3	1,0	7,0	1,5	5,7	3,5	<b>44,0</b>
<i>Fusarium</i>	4,0	2,6	1,8	3,3	3,7	3,0	0,8	2,8	1,3	2,3	2,2	1,8	1,5	<b>31,2</b>
Levadura	11,0	5,3	4,6	8,2	6,8	9,8	4,7	8,0	4,7	7,3	6,5	2,5	4,7	<b>84,1</b>
Rhodotorula	3,2	5,0	2,8	3,8	2,8	4,8	1,5	2,2	1,2	2,0	2,5	1,5	1,8	<b>35,1</b>
Micelio sin esporular	4,0	1,6	2,8	3,8	1,8	2,4	1,0	0,5	0,3	1,3	1,8	0,6	0,6	<b>22,5</b>
<i>Geotrichum</i>	2,6	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>5,2</b>
<i>Pithomyce</i>	0,3	0,7	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>2,6</b>
<i>Mucor</i>	0,7	0,7	0,0	0,0	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>4,7</b>
<i>Rhizopus</i>	0,0	0,7	0,0	0,0	0,3	0,3	1,0	1,7	1,0	0,3	0,3	0,3	0,0	<b>5,9</b>
<i>Trichoderma</i>	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>5,6</b>
<i>Stemphylium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	<b>0,6</b>
<i>Ulocladium</i>	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,7</b>
<i>Curvularia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	<b>1,3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>143,3</b>	<b>102,7</b>	<b>79,5</b>	<b>126,7</b>	<b>93,0</b>	<b>120,2</b>	<b>82,2</b>	<b>118,7</b>	<b>60,5</b>	<b>112,7</b>	<b>98,5</b>	<b>94,2</b>	<b>62,2</b>	<b>1294,1</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 6: Recuento de esporas fúngicas por géneros y sitios de muestreo expresados en UFC/m3**

Genero	Puntos de muestreo													TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<i>Cladosporium</i>	651,7	487,6	382,3	617,5	401,4	544,2	439,6	595,1	291,9	543,2	489,8	472,1	288,8	<b>6205,0</b>
<i>Penicillium</i>	42,4	53,0	23,3	39,6	38,2	54,4	19,8	38,9	30,4	28,3	36,7	33,9	28,3	<b>467,1</b>
<i>Alternaria</i>	84,8	53,5	33,9	74,9	60,8	62,9	48,3	57,4	33,9	68,6	65,0	72,1	36,7	<b>752,9</b>
<i>Aspergillus</i>	23,3	14,1	14,1	26,1	29,7	39,3	9,2	23,3	7,1	49,5	10,6	40,1	24,7	<b>311</b>
<i>Fusarium</i>	28,3	18,4	12,7	23,3	26,1	21,2	5,9	20,0	9,2	16,3	15,5	12,7	10,6	<b>220</b>
Levadura	77,7	37,5	32,5	58,0	48,1	69,3	33,2	56,5	33,2	51,6	45,9	17,7	33,2	<b>594,3</b>
Rhodotorula	22,6	35,3	19,8	26,9	19,8	33,9	10,6	15,5	8,5	14,1	17,7	10,6	12,7	<b>248,1</b>
Micelio sin esporular	28,3	11,3	19,8	26,9	12,7	17,0	7,1	3,5	2,1	9,2	12,7	4,2	4,2	<b>159,0</b>
<i>Geotrichum</i>	18,4	0,0	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>36,7</b>
<i>Pithomyce</i>	2,1	4,9	4,9	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>18,4</b>
<i>Mucor</i>	4,9	4,9	0,0	0,0	18,4	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>33,2</b>
<i>Rhizopus</i>	0,0	4,9	0,0	0,0	2,1	2,1	7,1	12,0	7,1	2,1	2,1	2,1	0,0	<b>41,7</b>
<i>Trichoderma</i>	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>39,6</b>
<i>Stemphylium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	<b>4,2</b>
<i>Ulocladium</i>	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>4,9</b>
<i>Curvularia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	<b>9,2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1012,9</b>	<b>725,6</b>	<b>561,8</b>	<b>895,2</b>	<b>657,2</b>	<b>849,2</b>	<b>580,7</b>	<b>838,6</b>	<b>427,6</b>	<b>796,2</b>	<b>696,1</b>	<b>665,5</b>	<b>439,3</b>	<b>9145,8</b>

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 5 se muestra el conteo promedio de géneros fúngicos en los trece sitios de muestreo, estos son multiplicados por un factor de conversión para que estos valores puedan ser transformados en concentración y poder expresarlos en UFC/m<sup>3</sup> como se muestra en el Cuadro 6. En ambos cuadros se puede apreciar claramente que el género de *Cladosporium*, tiene un alto predominio en cantidad o concentración con un valor de 6205 UFC/m<sup>3</sup> frente a los demás géneros que se pudieron identificar. Las concentraciones de los demás géneros representativos fueron *Alternaria* (742.7 UFC/m<sup>3</sup>), *Penicillium* (460.1 UFC/m<sup>3</sup>), *Aspergillus* (307 UFC/m<sup>3</sup>) y *Fusarium* (220 UFC/m<sup>3</sup>) sucesivamente. También se puede apreciar que la concentración de los hongos que no pudieron ser identificados (denominados Micelios sin esporular) presentaron un valor de 150.5 UFC/m<sup>3</sup>. Además se pudo calcular las concentraciones de Levaduras (564 UFC/m<sup>3</sup>) y como Rhodotorulas (242.UFC/m<sup>3</sup>) específicamente. Las concentraciones de los demás géneros son mucho menores en comparación a los mencionados inicialmente, la suma de todos llega a un valor de 253.7 UFC/m<sup>3</sup>, cabe mencionar que de las levaduras encontradas en los baños de hombres y mujeres, no se ha determinado si estas pueden ser *Candida*, este hongo representa un peligro a la salud de las personas ya que pueden ocasionar una micosis denominada “Candidiasis”.

**Cuadro 7: Recuento de esporas fúngicas por género en los puntos externos a la BAN**

Genero	Puntos de muestreo externos		
	1	4	TOTAL
<i>Cladosporium</i>	92,22	87,4	179,59
<i>Penicillium</i>	6	5,6	11,6
<i>Alternaria</i>	12	10,6	22,6
<i>Aspergillus</i>	3,3	3,7	7
<i>Fusarium</i>	4	3,3	7,3
Levadura	11	8,2	19,2
Rhodotorula	3,2	3,8	7
Micelio sin esporular	4	3,8	7,8
<i>Geotrichum</i>	2,6	0,0	2,6
<i>Pithomyce</i>	0,3	0,3	0,6
<i>Mucor</i>	0,7	0,0	0,7
<i>Rhizopus</i>	0	0,0	0
<i>Trichoderma</i>	3,3	0,0	3,3
<i>Stemphylium</i>	0	0,0	0
<i>Ulocladium</i>	0,7	0,0	0,7
<i>Curvularia</i>	0	0,0	0
<b>TOTAL</b>	<b>143,32</b>	<b>126,67</b>	<b>269,99</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro 8: Recuento de esporas fúngicas por género en los puntos externos a la BAN expresadas en UFC/m3**

Genero	Puntos de muestreo externos		
	1	4	TOTAL
<i>Cladosporium</i>	651,73	617,46	1269,19
<i>Penicillium</i>	42,40	39,58	81,98
<i>Alternaria</i>	84,81	74,91	159,72
<i>Aspergillus</i>	23,32	26,15	49,47
<i>Fusarium</i>	28,27	23,32	51,59
Levadura	77,74	57,95	135,69
Rhodotorula	22,61	26,86	49,47
Micelio sin esporular	28,27	26,86	55,12
<i>Geotrichum</i>	18,37	0,00	18,37
<i>Pithomyce</i>	2,12	2,12	4,24
<i>Mucor</i>	4,95	0,00	4,95
<i>Rhizopus</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Trichoderma</i>	23,32	0,00	23,32
<i>Stemphylium</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Ulocladium</i>	4,95	0,00	4,95
<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>1012,86</b>	<b>895,19</b>	<b>1908,06</b>

*Fuente: Elaboración propia*

De manera análoga a los resultados presentados en los cuadros anteriores, se muestran los Cuadros 7 y 8 pero específicamente para los ambientes externos que fueron estudiados, el Cuadro 7 muestra el recuento promedio de esporas fúngicas de cada género y el Cuadro 8 su respectiva concentración. Esta separación de los resultados encontrados en los ambientes externos, se realiza para poder mostrar de mejor manera las interpretaciones de los resultados obtenidos. En los cuadros mencionados se puede apreciar que en el sitio 1 (Parte frontal de la BAN) presenta mayor concentración que el sitio 4 (Parte posterior de la BAN), estos resultados se pueden explicar con las seis representaciones graficas de rosas de vientos mostradas de la Figura 8 a la 13, en donde se muestran la información horaria de viento superficial para los seis días de muestreo, donde la dirección predominante del viento para la zona en estudio es WEST (OESTE), esto quiere decir, que el viento vendría de esta dirección y se dirigiría hacia el EAST (ESTE) donde predominaron vientos de intensidad media débil (1.5 a 3.3 m/s), esta información nos permite verificar que el viento pasaría por los diferentes campos de cultivo, que se encuentran ubicadas en la parte derecha al ingresar por la puerta principal de la Universidad (ver Figura 2), arrastrando y trayendo consigo los diferentes tipos de hongos existentes en estos terrenos y que llegaría de hacia la parte frontal de la biblioteca, razón que explicaría porque este sitio presenta la mayor cantidad o concentración de esporas fúngicas suspendidas en el aire en comparación a todos los ambientes estudiados. Es importante resaltar lo que mencionan Aydogdu y Asan (2007) y Rolka (2005) que el principal medio por el cual se transportan los hongos es a través del viento, por lo que en la bibliografía lo denominan “airborne” o “aerotransporte”.

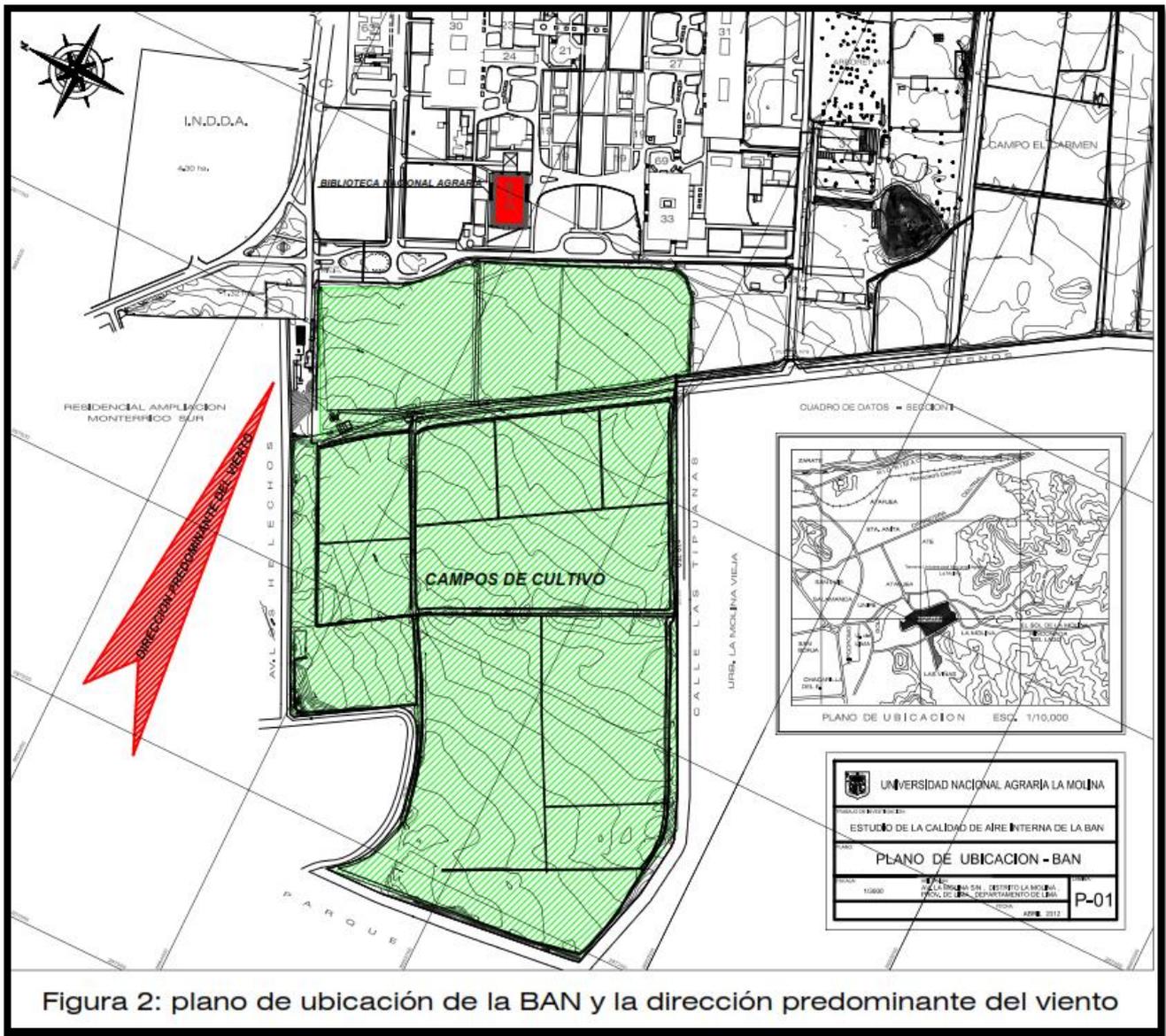


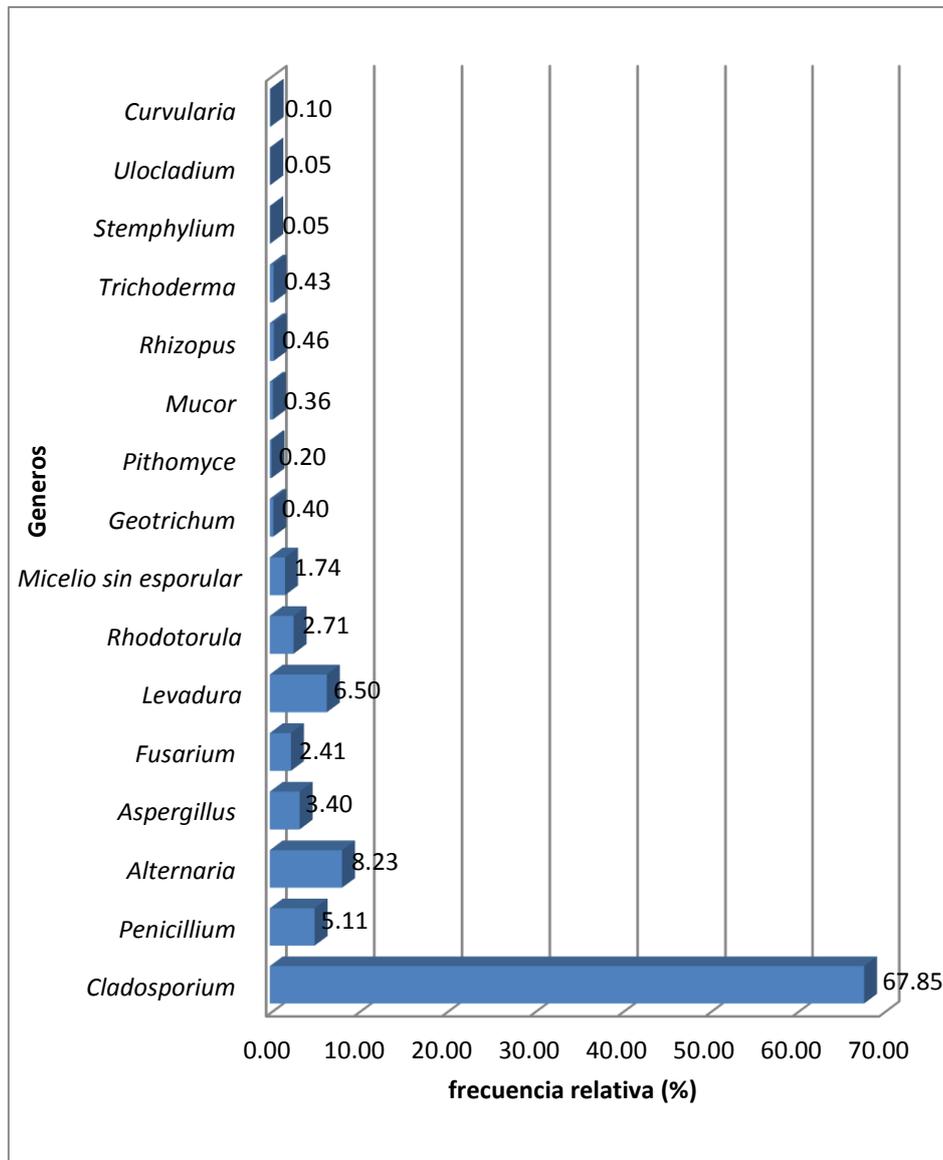
Figura 2: plano de ubicación de la BAN y la dirección predominante del viento

**Cuadro 9: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por sitios de muestreo (%)**

Genero	Puntos de muestreo													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL
<i>Cladosporium</i>	7,13	5,33	4,18	6,75	4,39	5,95	4,81	6,51	3,19	5,94	5,35	5,16	3,16	<b>67,85</b>
<i>Penicillium</i>	0,46	0,58	0,25	0,43	0,42	0,59	0,22	0,42	0,33	0,31	0,40	0,37	0,31	<b>5,11</b>
<i>Alternaria</i>	0,93	0,58	0,37	0,82	0,66	0,69	0,53	0,63	0,37	0,75	0,71	0,79	0,40	<b>8,23</b>
<i>Aspergillus</i>	0,25	0,15	0,15	0,29	0,32	0,43	0,10	0,25	0,08	0,54	0,12	0,44	0,27	<b>3,40</b>
<i>Fusarium</i>	0,31	0,20	0,14	0,25	0,29	0,23	0,06	0,22	0,10	0,18	0,17	0,14	0,12	<b>2,41</b>
Levadura	0,85	0,41	0,36	0,63	0,53	0,76	0,36	0,62	0,36	0,56	0,50	0,19	0,36	<b>6,50</b>
Rhodotorula	0,25	0,39	0,22	0,29	0,22	0,37	0,12	0,17	0,09	0,15	0,19	0,12	0,14	<b>2,71</b>
Micelio sin esporular	0,31	0,12	0,22	0,29	0,14	0,19	0,08	0,04	0,02	0,10	0,14	0,05	0,05	<b>1,74</b>
<i>Geotrichum</i>	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,40</b>
<i>Pithomyce</i>	0,02	0,05	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,20</b>
<i>Mucor</i>	0,05	0,05	0,00	0,00	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,36</b>
<i>Rhizopus</i>	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,02	0,08	0,13	0,08	0,02	0,02	0,02	0,00	<b>0,46</b>
<i>Trichoderma</i>	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,43</b>
<i>Stemphylium</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>
<i>Ulocladium</i>	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>
<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>
<b>TOTAL</b>	<b>11,07</b>	<b>7,93</b>	<b>6,14</b>	<b>9,79</b>	<b>7,19</b>	<b>9,28</b>	<b>6,35</b>	<b>9,17</b>	<b>4,67</b>	<b>8,60</b>	<b>7,61</b>	<b>7,28</b>	<b>4,80</b>	<b>100</b>

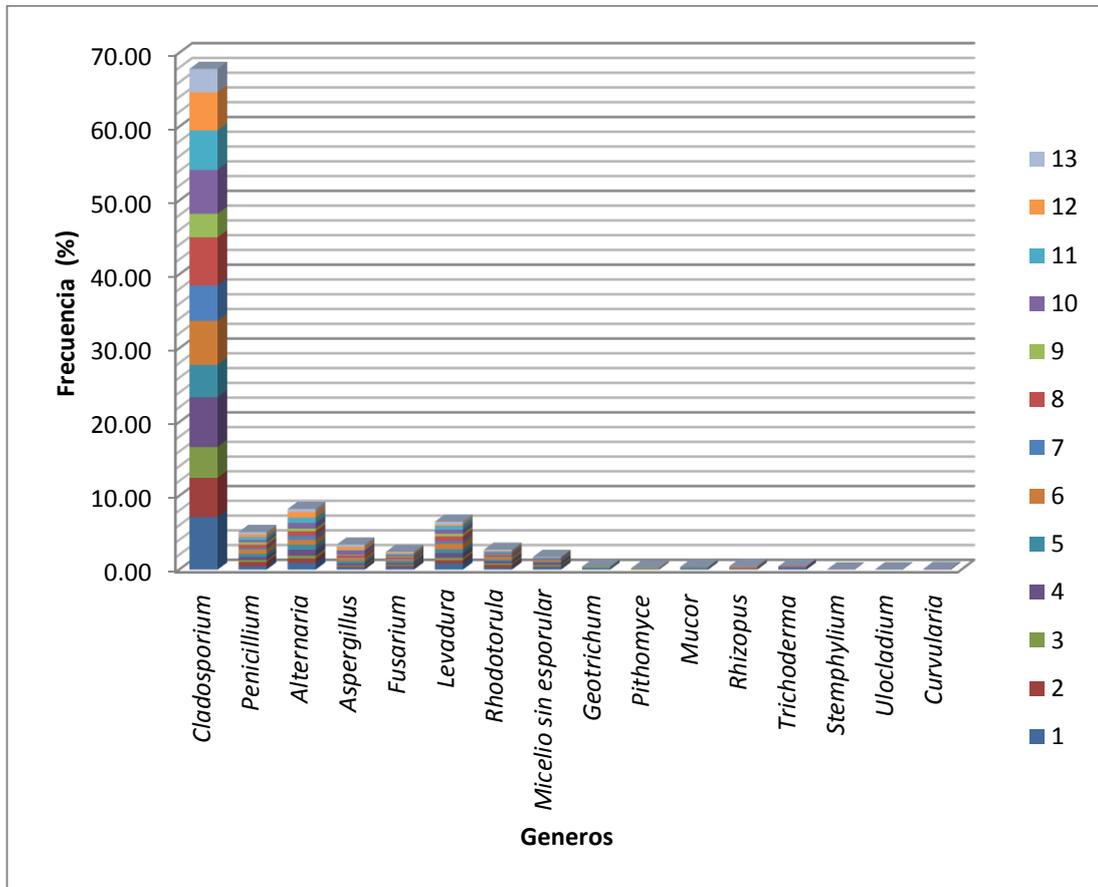
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3: Frecuencia relativa de esporas fúngicas totales por género (%)**



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 4: Frecuencia relativa de esporas fúngicas totales por género y sitio de muestreo**



*Fuente: Elaboración propia*

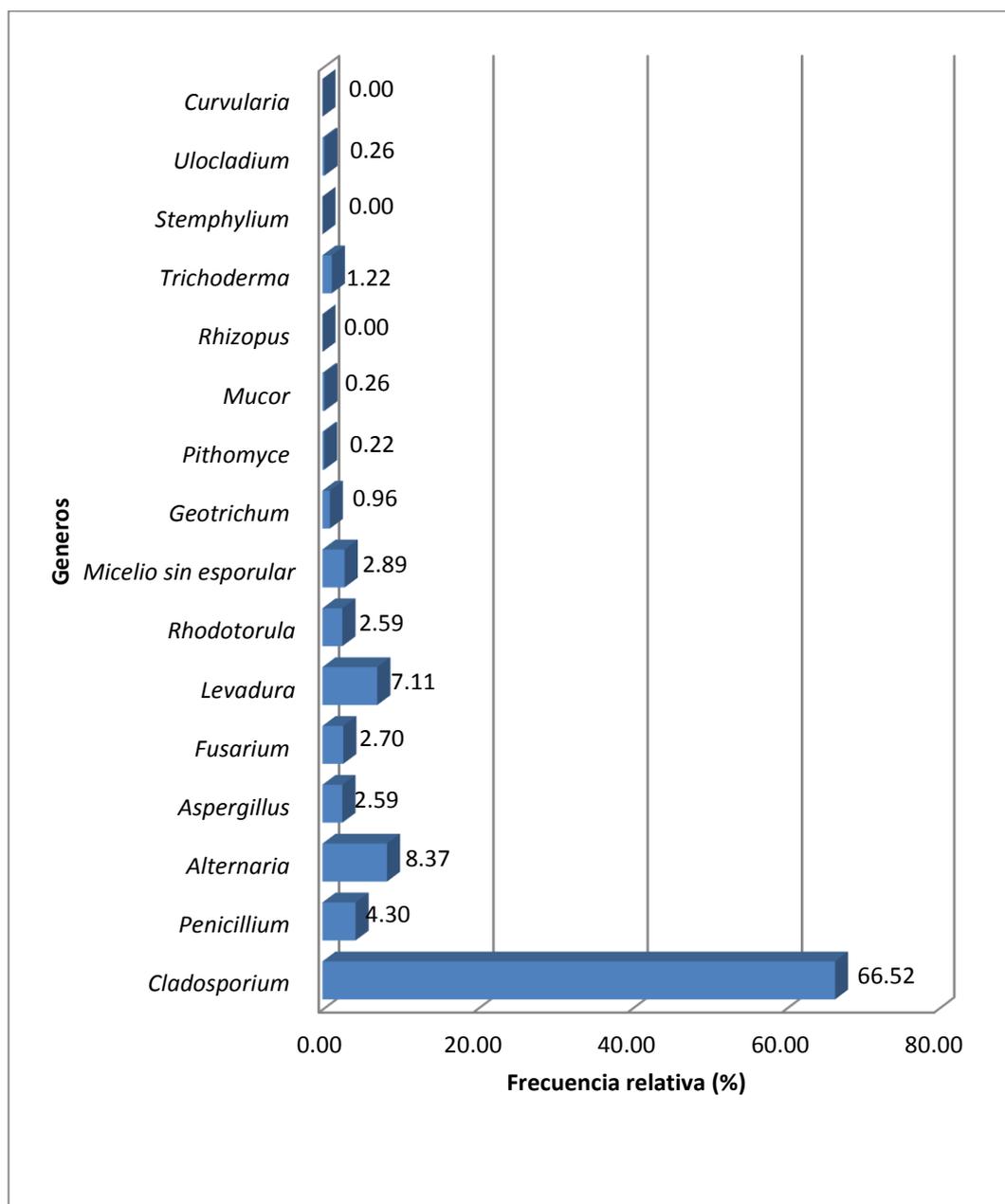
Se puede observar en el Cuadro 9 la frecuencia relativa de esporas fúngicas por cada sitio de muestreo o de manera gráfica en la Figura 2 y 3, en donde se muestra que el género aislado más común fue *Cladosporium* representando un 67.85% del total de las colonias fúngicas, seguido de *Alternaria* (8.23%), *Penicillium* (5.11%), *Aspergillus* (3.40%) y *Fusarium* (2.41%) principalmente. De estos 5 géneros, cuatro de ellos coinciden con la investigación realizada en una biblioteca científica situada en un centro de investigación en Tucumán, Argentina por Bueno *et al.* (2003), cabe resaltar que el género *Cladosporium* en ambas investigaciones tiene un alto y representativo porcentaje de frecuencia en comparación a los principales géneros encontrados. La frecuencia de colonias fúngicas que no pudieron ser identificadas fue del 1.74% las cuales aparecen como micelios sin esporular. Los demás géneros tienen una frecuencia relativa muy baja que oscila desde el 0.05 al 0.46% y sumados en su conjunto representan un 2.06%. Asimismo se muestra la frecuencia de Levaduras y Rhodotorulas que son de 6.50% y 2.71% respectivamente. La Figura 3, muestra además de la información presentada anteriormente de la frecuencia total encontrada de cada género de hongo, que proporción de cada género existía en cada uno de estos ambientes, los cuales aparecen diferenciados por un color específico.

**Cuadro 10: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por género para los puntos externos a la BAN**

Genero	Puntos de muestreo externos		
	1	4	TOTAL
<i>Cladosporium</i>	34,16	32,36	66,52
<i>Penicillium</i>	2,22	2,07	4,30
<i>Alternaria</i>	4,44	3,93	8,37
<i>Aspergillus</i>	1,22	1,37	2,59
<i>Fusarium</i>	1,48	1,22	2,70
Levadura	4,07	3,04	7,11
Rhodotorula	1,19	1,41	2,59
Micelio sin esporular	1,48	1,41	2,89
<i>Geotrichum</i>	0,96	0,00	0,96
<i>Pithomyce</i>	0,11	0,11	0,22
<i>Mucor</i>	0,26	0,00	0,26
<i>Rhizopus</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Trichoderma</i>	1,22	0,00	1,22
<i>Stemphylium</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Ulocladium</i>	0,26	0,00	0,26
<i>Curvularia</i>	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>53,08</b>	<b>46,92</b>	<b>100</b>

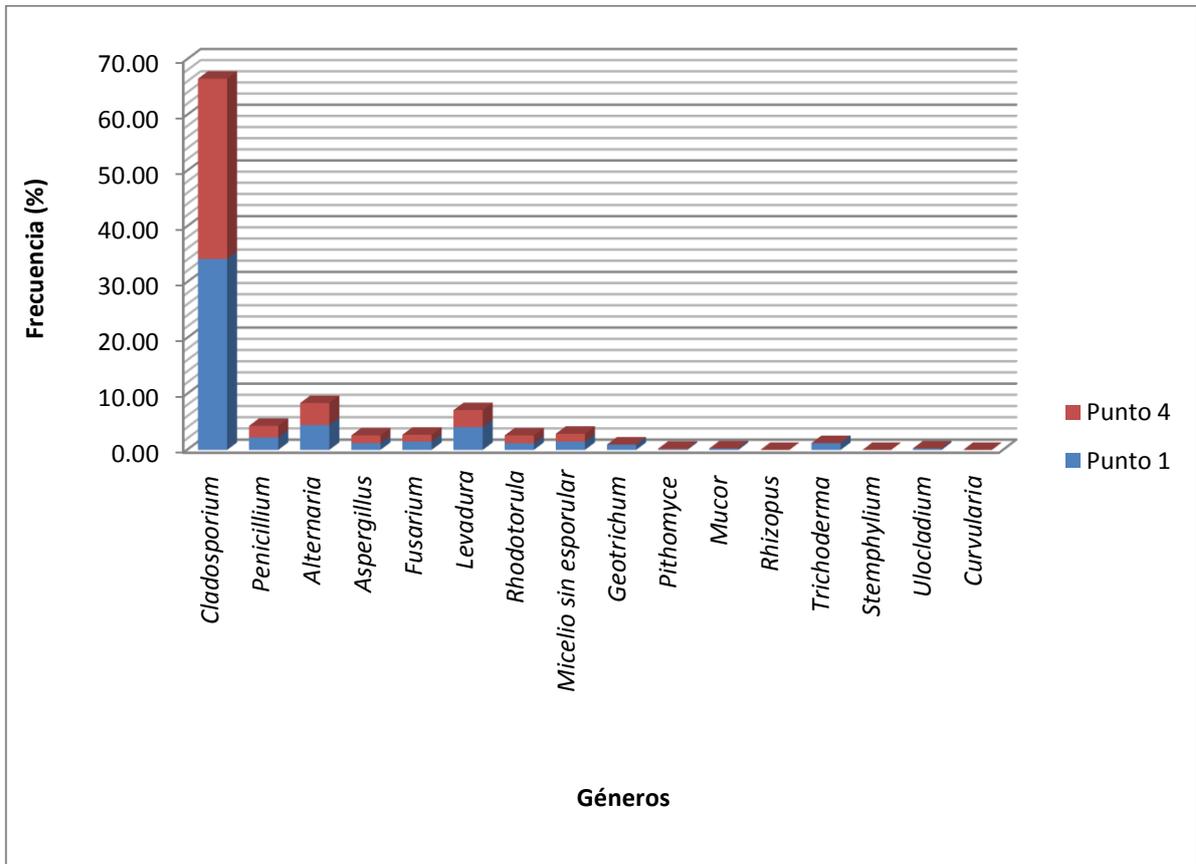
*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 5: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por género para los puntos externos**



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 6: Frecuencia relativa de esporas fúngicas por género para cada punto externo a la BAN**



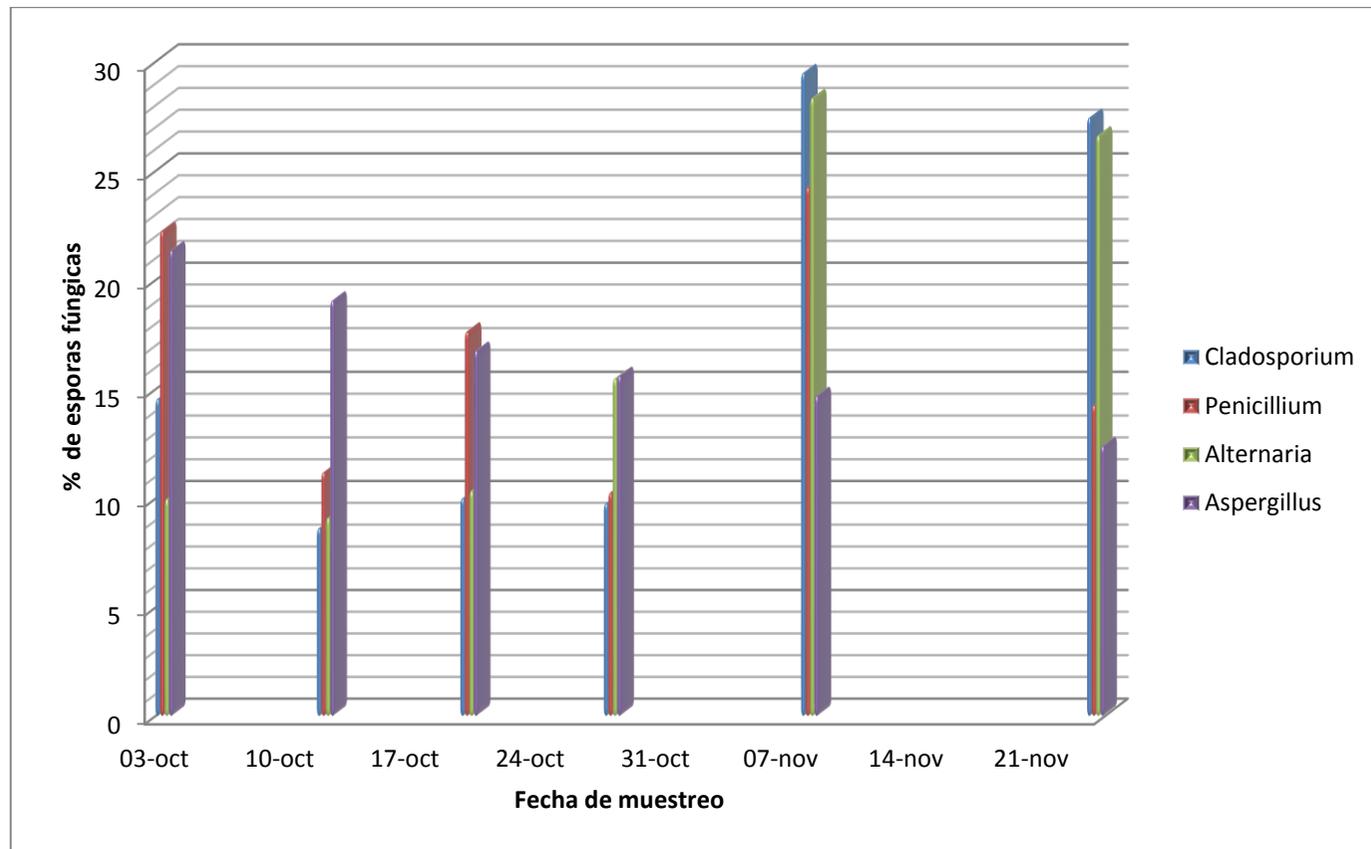
*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro 11: Recuento de esporas fúngicas por género y su porcentaje por fechas de muestreo**

Genero	Mes: Octubre								Mes: Noviembre				Total	Total %
	1 <sup>er</sup> día: 3	%	2 <sup>do</sup> día: 12	%	3 <sup>er</sup> día: 20	%	4 <sup>to</sup> día: 28	%	5 <sup>to</sup> día: 8	%	6 <sup>to</sup> día: 24	%		
<i>Cladosporium</i>	128	14,6	76	8,7	88	10,0	86	9,8	259	29,5	241	27,4	878,0	100
<i>Penicillium</i>	15	22,3	7	11,2	12	17,7	7	10,3	16	24,3	9	14,3	65,1	100
<i>Alternaria</i>	11	10,0	10	9,1	11	10,4	16	15,5	30	28,4	28	26,6	105,1	100
<i>Aspergillus</i>	9	21,4	8	19,1	7	16,8	7	15,6	6	14,7	5	12,4	43,5	100
<i>Fusarium</i>	6	18,6	4	12,5	8	26,3	5	15,1	5	15,7	4	11,9	31,2	100
Levadura	18	22,9	13	16,3	7	8,4	9	11,7	19	24,1	13	16,7	79,8	100
Rhodotorula	5	14,6	6	17,5	5	13,7	7	20,7	8	23,9	3	9,6	34,3	100
Micelio sin esporular	4	18,8	1	5,6	2	7,0	4	16,9	6	25,8	6	25,8	21,3	100
<i>Geotrichum</i>	1	26,9	1	17,3	1	26,9	1	13,5	0	7,7	0	7,7	5,2	100
<i>Pithomyce</i>	0	0,0	1	46,2	0	0,0	1	53,8	0	0,0	0	0,0	2,6	100
<i>Mucor</i>	1	29,8	0	8,5	1	29,8	0	8,5	1	14,9	0	8,5	4,7	100
<i>Rhizopus</i>	1	16,9	2	33,9	1	16,9	0	0,0	0	0,0	2	32,2	5,9	100
<i>Trichoderma</i>	1	10,7	2	35,7	1	10,7	2	28,6	1	14,3	0	0,0	5,6	100
<i>Stemphylium</i>	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,6	100
<i>Ulocladium</i>	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,7	100
<i>Curvularia</i>	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1,3	100

Fuente: Elaboración propia

**Figura 7: Recuento de los cuatro géneros fúngicos más representativos y su porcentaje por fechas de muestreo**



*Fuente: Elaboración propia*

Con los datos mostrados en el Cuadro 10, se puede analizar solo los ambientes externos ya que se muestra el cálculo de la frecuencia relativa de cada género solo para estos dos ambientes en particular, a partir de los cuadros 7 u 8. Esta manera separada de presentar los resultados es para hacer una comparación solo entre estos dos ambientes externos. Los valores muestran que el género *Cladosporium* mantiene casi la misma frecuencia que la mostrada para todos los ambientes, este valor es de un 66.52% y la tendencia de la presencia de los otros cuatro géneros principales es casi la misma a excepción del género *Fusarium* (2.70%) que presenta mayor frecuencia relativa que el *Aspergillus* (2.59%), esto quiere decir en los ambientes externos a la biblioteca existe mayor presencia del *Fusarium* de los demás géneros encontrados, así no presenten una alta frecuencia, se puede apreciar que los géneros *Geotrichum* y *Trichoderma* aumentaron considerablemente en estos puntos externos.

En el Cuadro 11, se muestra los resultados del recuento de los diferentes géneros fúngicos encontrados en todo el periodo de muestreo. Estos resultados nos permiten verificar en cuál de estos seis días de muestreo, en los dos meses respectivos, se encontraron las mayores cantidades de esporas fúngicas para cada género de hongo y en qué porcentaje por día. Para el caso del *Cladosporium*, que es el género encontrado más representativo por su alta frecuencia o concentración, el cuadro muestra que para el quinto y sexto día de muestreo se obtuvieron valores de 259 y 241 colonias que representaron el 29.5% y 27.4% respectivamente, esto mismo ocurre para el caso de la *Alternaria*, que presenta sus mayores valores para estos mismos días y cuyos porcentajes son 28.4% y 26.6%. El *Penicillium*, registra su mayor valor el quinto día con un 24.3%, el *Aspergillus*, presenta un 21.4% el primer día y finalmente el *Fusarium*, con 26.3% el tercer día. Así como para estos cinco principales géneros encontrados, el cuadro permite analizar qué día existió mayor proliferación de cada género específico.

**Cuadro 12: Correlación de la temperatura ambiente (T<sub>amb</sub>) y la humedad relativa (%HR) con la concentración de esporas fúngicas expresados en UFC/m<sup>3</sup> en cada uno de los ambientes internos**

Nº	Ambiente	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup> %	Significancia del modelo (Valor-P)	
				HR	T
1	Parte frontal de la BAN	UFC = - 3541 + 73 T <sub>amb</sub> (C°) + 27.8 %HR	57.8	0.006	0.003
					0.037
2	Sala Q Ciencias puras	UFC = 275 - 68.8 T <sub>amb</sub> (C°) + 20.8 %HR	82.5	0.000	0.01
					0.039
3	Sala tesis	UFC = - 559 - 25.4 T <sub>amb</sub> (C°) + 18 %HR	74.2	0.000	0.255
					0.548
4	Parte posterior de la BAN	UFC = - 147 - 80.6 T <sub>amb</sub> (C°) + 29.6 %HR	93.1	0.000	0.000
					0.002
5	Baño de hombres	UFC/m <sup>3</sup> = 4129 - 97.4 T <sub>amb</sub> (C°) - 24.3 %HR	85.5	0.000	0.066
					0.000
6	Baño de mujeres	UFC/m <sup>3</sup> = - 1209 - 55.7 T <sub>amb</sub> (C°) + 36.2 %HR	90.8	0.000	0.002
					0.015
7	Sala de investigación	UFC/m <sup>3</sup> = 1306 - 42.3 T <sub>amb</sub> (C°) - 2.89 %HR	91.2	0.000	0.278
					0.000
8	Módulos de lectura	UFC/m <sup>3</sup> = - 538 - 21.7 T <sub>amb</sub> (C°) + 16.8 %HR	74.4	0.000	0.009
					0.193
9	Oficina de servicio al publico	UFC/m <sup>3</sup> = - 453 - 6.04 T <sub>amb</sub> (C°) + 9.46 %HR	82.7	0.000	0.014
					0.315
10	Caja y fotocopias	UFC/m <sup>3</sup> = - 50 - 67.5 T <sub>amb</sub> (C°) + 27.8 %HR	89.0	0.000	0.009
					0.007
11	Sala Agricultura	UFC/m <sup>3</sup> = 3045 - 181 T <sub>amb</sub> (C°) + 21.8 % HR	83.9	0.000	0.009
					0.014
12	Sala Ciencias sociales	UFC/m <sup>3</sup> = 5 - 57.2 T <sub>amb</sub> (C°) + 22.6 %HR	91.5	0.000	0.002
					0.013
13	Hemeroteca	UFC/m <sup>3</sup> = - 839 + 5.88 T <sub>amb</sub> (C°) + 11.5 %HR	98.7	0.000	0.000
					0.308

*Fuente: Elaboración propia*

Según lo mencionado por diversos autores en sus respectivas investigaciones tales como Lura *et al.* (1997), Subero (2001), Aydogdu *et al.* (2004) y Basilico *et al.* (2007), la concentración esporas fúngicas en ambientes internos dependen de muchos factores como pueden ser las variables meteorológicas de las cuales dos de ellas son objeto principal del estudio realizado tales como: temperatura ambiente y humedad relativa. Para poder determinar la asociación existente entre ellas, se realizó un análisis estadístico ingresando todos los resultados obtenidos de estas dos variables meteorológicas y la concentración de los hongos ambientales encontrados en los ambiente internos de la biblioteca (ver Anexo N° 1). La salida de los resultados que se han procesado se ajusta a un modelo de regresión lineal múltiple que describe la relación entre la concentración expresada en UFC/m<sup>3</sup> y las dos variables independientes (temperatura ambiente y humedad relativa). Se puede apreciar en el Cuadro 12, que para todos los ambientes estudiados, la significancia del análisis estadístico (valor-P) es menor a 0.05, consecuentemente existe una relación estadísticamente significativa entre las variables independientes con la concentración de esporas fúngicas. Las ecuaciones de los modelos ajustados se muestran en el cuadro mencionado. En el mismo cuadro se muestra el estadístico R-Cuadrada (R<sup>2</sup>) que indica que el modelo ajustado explica un % de la variabilidad en UFC/m<sup>3</sup>. Se puede apreciar en las ecuaciones para cada uno de los ambientes estudiados, la relación directa e inversa de las variables meteorológicas con la concentración de esporas fúngicas, según los signos (+ y -) que presentan los coeficientes de estas variables, en donde la concentración fúngica en la mayoría de los ambientes presenta una relación inversa con la temperatura (signo negativo) y una relación directa con la Humedad Relativa (signo positivo). Para el caso de la parte frontal de la BAN y la Hemeroteca (la temperatura ambiente y humedad relativa presentan ambos signos positivos); y en el baño de hombres (la temperatura ambiente y humedad relativa presentan ambos signos negativos), las posibles causas de estas diferencias en los signos de los coeficientes de las variables en los modelos presentados son las siguientes: primero, no se realizó la evaluación de los supuestos (normalidad de errores y homogeneidad de varianza); segundo, no se eliminaron las variables no significativas y por ultimo no se hizo un análisis riguroso de los datos extremos (out liers). Cabe resaltar que este estudio, muestra un primer alcance de la correlación existente entre la concentración (UFC/m<sup>3</sup>) versus las variables de temperatura (T) y humedad relativa (HR) y se sugiere para próximos estudios similares desarrollar los tres puntos mencionados anteriormente. Por ejemplo para nuestro estudio, en el punto de muestreo 13 (Hemeroteca) existe significancia del modelo ya que su P-Valor es cero, pero comparando entre ambas variables el P-Valor que presenta la temperatura es igual

a 0.308, el cual no es significativo y se podría eliminar para este caso la variable temperatura y trabajar con un modelo de regresión lineal simple. Análogamente sucedería para los sitios mencionados anteriormente que son el punto 1 (parte frontal de la BAN) y en el punto 5 (baño de hombres).

Al analizar los resultados de manera individual en cada ambiente de la biblioteca, se puede observar en ellas, la variación existente en las cantidades y por ende en la concentración de las esporas fúngicas, además cómo se comporta está según la variación de la temperatura y la humedad relativa entre los diferentes ambientes, hecho que se demostró estadísticamente según se muestra en el Cuadro 12. Existen otros factores que pueden influenciaren la cantidad y la variedad de los géneros encontrados en cada ambiente, tales como corrientes de aire, limpieza, cantidad de personas además de las condiciones mismas del ambiente, que aunque no fueron objetos de este estudio, pero también son mencionados por Bueno *et al.* (2003).

Entre los 14 géneros fúngicos identificados, se encontró el género *Aspergillus*, que podría representar un peligro para la salud de las personas produciendo “Aspergilosis” (ver Cuadro 1), ya que varias especies de este género son potenciales patógenos para los humanos. Asimismo tanto en el baño de varones como el de mujeres se encontraron Levaduras que podrían ser *Candida* y según lo mencionado anteriormente este hongo puede ocasionar en las personas la “Candidiasis”. Por otra parte la mayoría de los géneros fúngicos encontrados, los otros restantes son alergénicos y potenciales productores de micotoxinas que también son perjudiciales para la salud de los seres humanos.

Durante la toma de las muestras se realizaron algunas preguntas referente a las condiciones ambientales internas en la BAN, entre las respuestas se encontraron reclamos y comentarios por parte del personal que labora en dicho inmueble, con respecto a las elevadas temperaturas que se presentan en la temporada de primavera y verano, esto se debe por la falta de ventilación en los diferentes ambientes principalmente, asimismo el personal comentaba sobre algunos problemas o cuadros alérgicos que presentaban en las vías respiratorias y en la piel (dermatitis). Además que esta biblioteca no cuenta con un sistema de aire acondicionado. El periodo durante el cual se realizó el monitoreo condicionó que se registraran temperaturas promedio a 23° C, lo cual pudo favorecer la viabilidad y aislamiento

de las esporas fúngicas de los ambientes. Los géneros de hongos que se aislaron con mayor frecuencia corresponden a microorganismos que son causa común de diversos padecimientos en el humano y sobre todo para el mismo personal que trabajan en las diferentes áreas, los cuales manifiestan estas afecciones y se encuentran expuestos la mayor cantidad de tiempo en estos ambientes, este tipo de problemas respiratorios y alérgicos son mencionados en sus investigaciones por Yazicioglu *et al.* (2004), García *et al.* (2005) y Manzano *et al.* (2007).

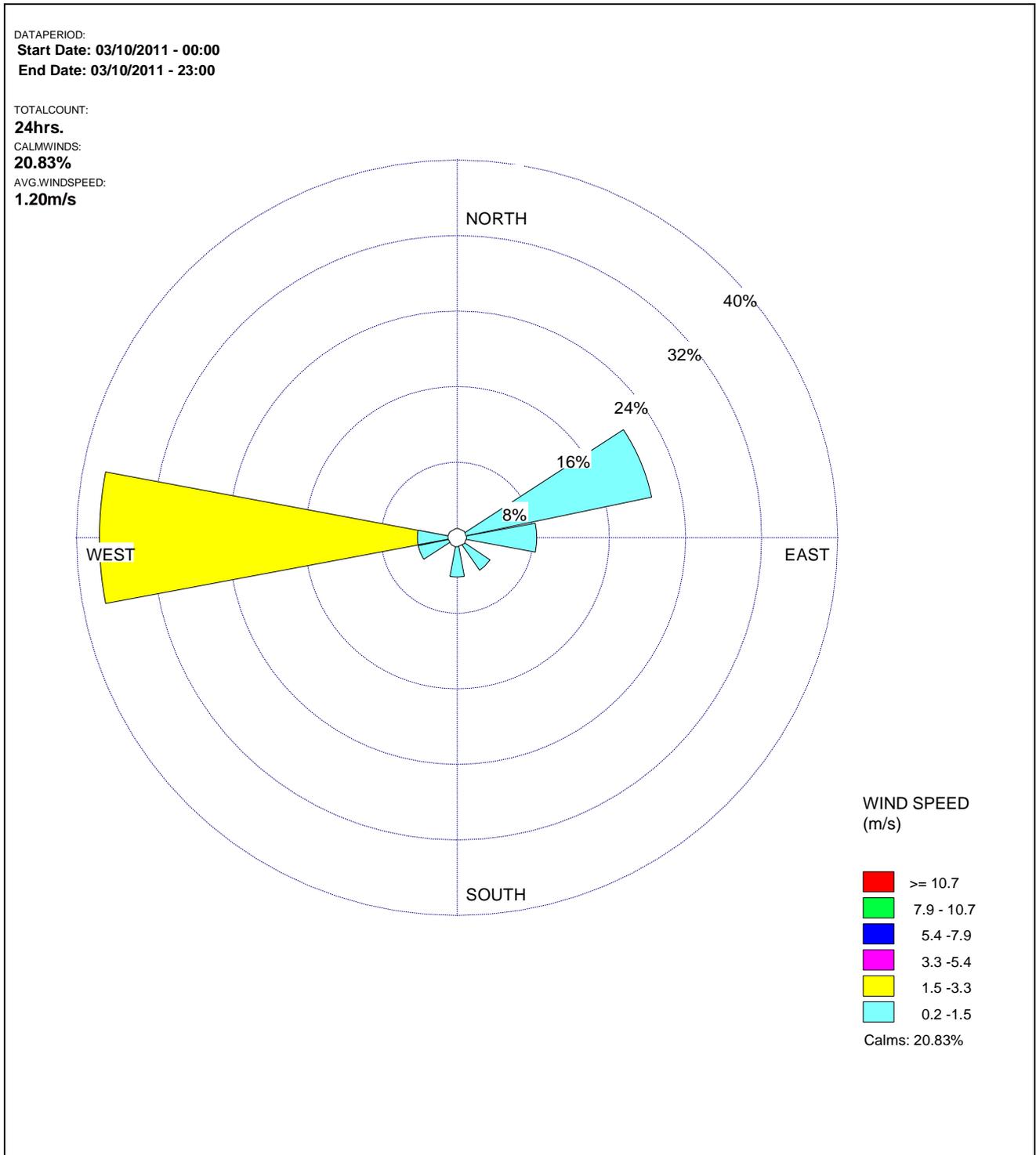
Adicionalmente, existen diversos trabajos de investigación que estudian la calidad del aire en ambientes internos, no solo nos centremos en bibliotecas sino en todos los diferentes ambientes en las cuales las personas pasan la mayor parte de su tiempo, en todas estas investigaciones se han encontrado los mismos géneros que en el presente trabajo aparecen con mayor frecuencia, los cuales fueron *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, y *Fusarium* de los géneros identificados principalmente concuerdan con los detectados por Aydogdu *et al.* (2004), quienes describen la flora fúngica ambiental en escuelas primarias en la ciudad de Edirne en Turquía y donde los grupos fúngicos predominantes fueron *Penicillium*, *Cladosporium* y *Alternaria*. Asimismo Yazicioglu *et al.* (2004), realiza un estudio en esta misma ciudad, pero en casas de niños asmáticos, en donde el género aislado más común fue *Cladosporium*, seguido de *Rhizopus*, *Penicillium*, *Alternaria*, y *Aspergillus*. Resultados muy parecidos encontró Rolka *et al.* (2005) al analizar la contaminación fúngica en ambientes interiores de un hogar de bienestar social al noreste de Polonia, en donde los géneros más comunes fueron *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, y *Alternaria*. En el caso de Caballero *et al.* (2007) al examinar la calidad del aire interior en dos hospitales y ocho clínicas veterinarias en Costa Rica, encontraron niveles elevados de *Penicillium* principalmente. Por su parte, Basilico *et al.* (2007) estudiaron casas en la ciudad de Santa Fe en Argentina y encontraron 13 géneros dominantes de los cuales ocho ellos coinciden con los encontrados en esta investigación tomando en cuenta los cinco géneros principales más frecuentes.

Los resultados de la investigación fueron obtenidos utilizando el método activo de muestreo, con un muestreador de aire, el cual succionaba volúmenes de aire impregnando las esporas de los hongos en placas de petri con un medio de cultivo, este método permitió la identificación de 14 géneros, este trabajo utilizó un método activo de muestreo al igual que Basilico *et al.* (2007), pero también existe un método pasivo y técnicas no volumétricas para

el muestreo del aire, en el cual se deja un determinado tiempo las placas de Petri abiertas y expuestas al aire con un medio de cultivo (agar) y cloranfenicol como antibiótico (esta es usada para ambos tipos de muestreos), donde son directamente impregnadas estas esporas, esta metodología también ha sido utilizada por Aydogdu y Asan (2007) y Bueno *et al.* (2003) en sus respectivas investigaciones.

Las determinaciones de la temperatura ambiente y la humedad relativa se tomaron de manera simultánea a la toma de las muestras de aire en todos los ambientes estudiados de la biblioteca, estos resultados fueron de mucha importancia para poder determinar la relación que existe entre estas variables y la concentración de los hongos ambientales existentes. Se puede apreciar en los resultados mostrados en el Anexo N° 1, en donde aparecen los cuadros resumen de toda la información obtenida en la parte experimental del presente trabajo de investigación, donde se describe la cantidad de esporas fúngicas encontrada en cada placa, el total de ellas por cada toma de muestra, su promedio y su respectiva concentración expresada en UFC/m<sup>3</sup>, asimismo se registran las condiciones de temperatura ambiente, humedad relativa por cada ambiente donde se tomaron las muestras los 6 días de muestreo durante los meses de octubre y noviembre del 2011. La influencia de la temperatura y la humedad relativa sobre la presencia de grupos fúngicos, ha sido descrita por Lura *et al.* (1997), Subero (2001), Aydogdu *et al.* (2004) y Basilico *et al.* (2007).

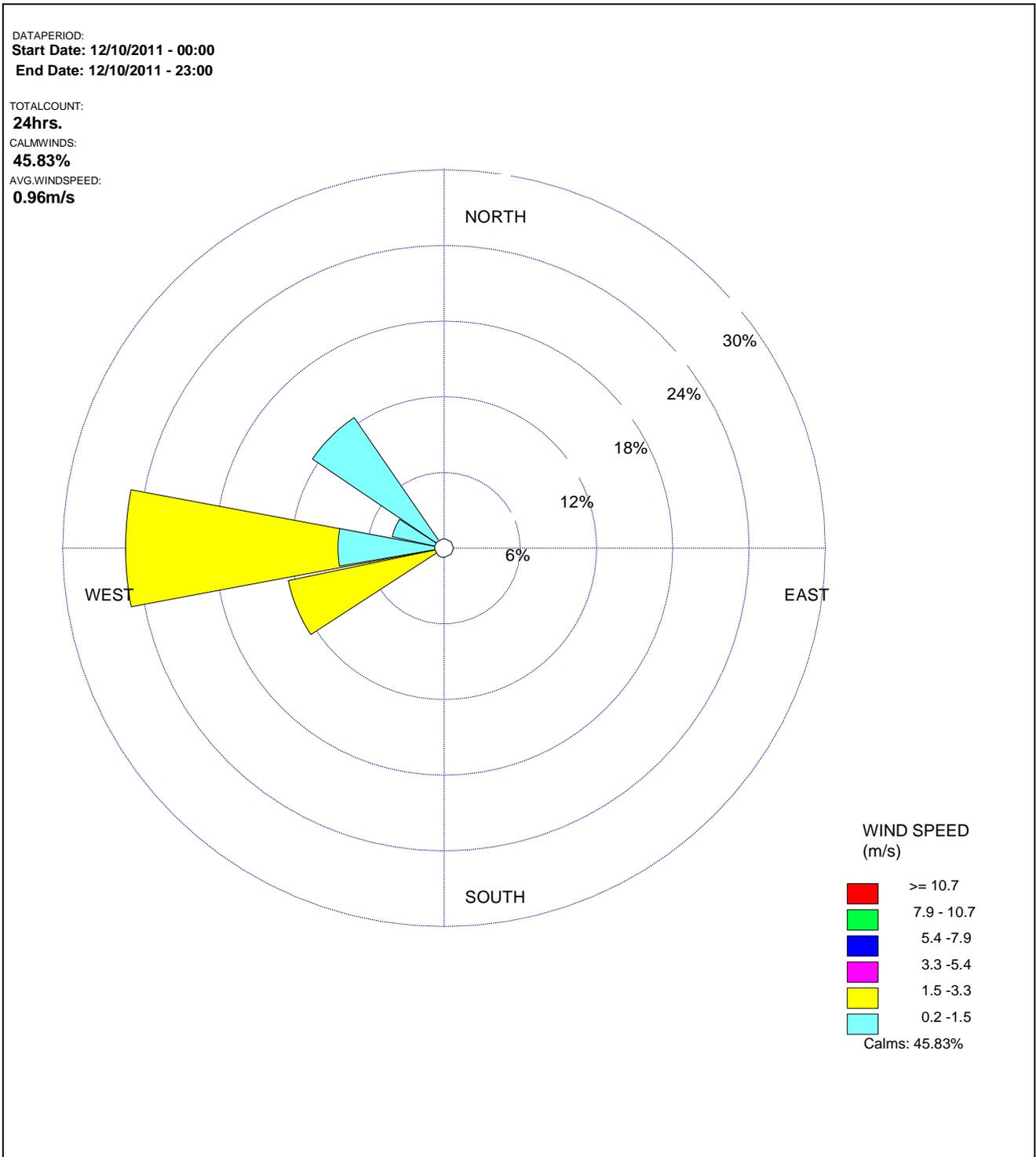
**Figura 8: Representación gráfica de la rosa de vientos: 03/10/2011**



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

*Fuente: Elaboración propia*

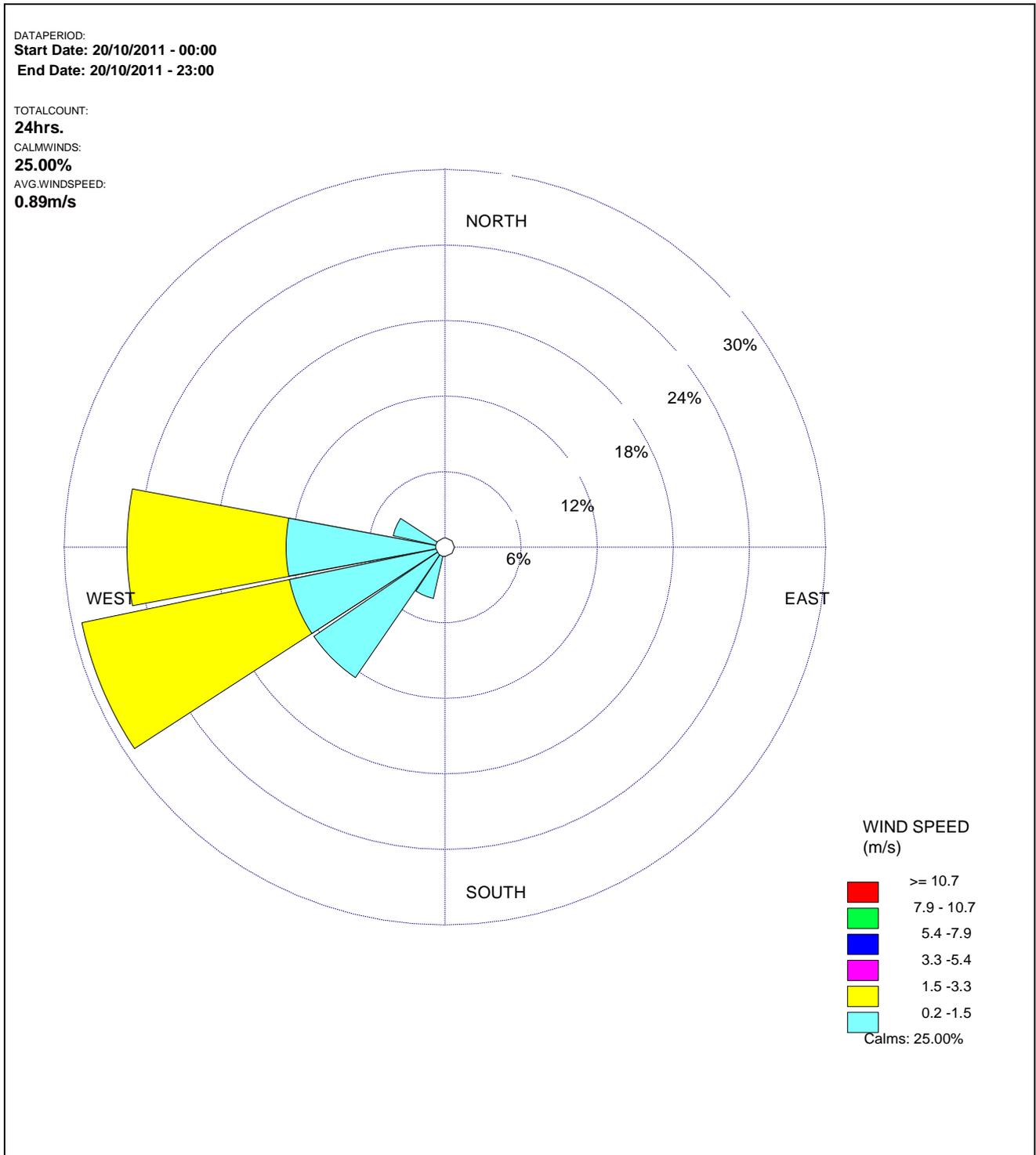
**Figura 9: Representación gráfica de la rosa de vientos: 12/10/2011**



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

*Fuente: Elaboración propia*

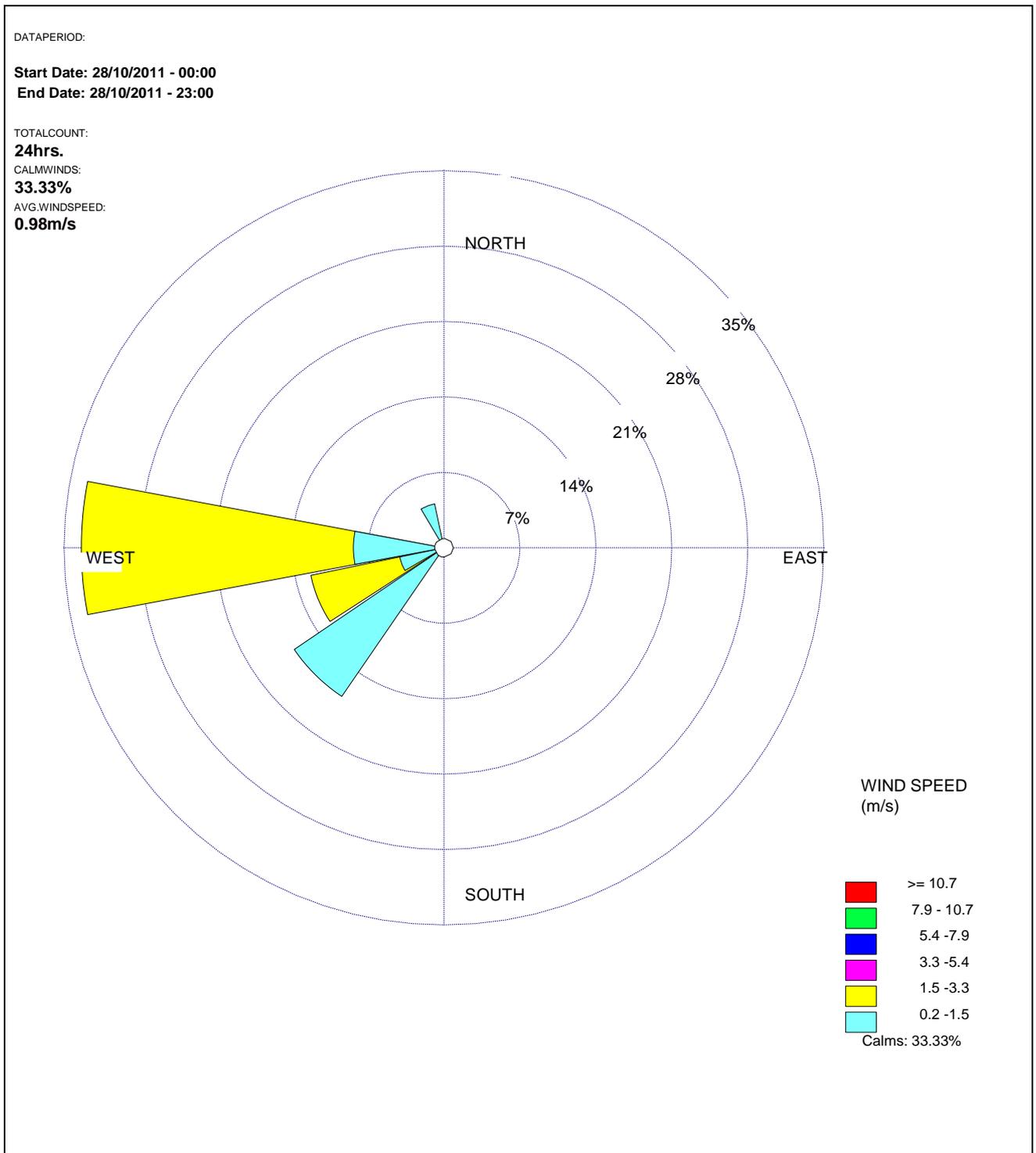
**Figura 10: Representación gráfica de la rosa de vientos: 20/10/2011**



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

*Fuente: Elaboración propia*

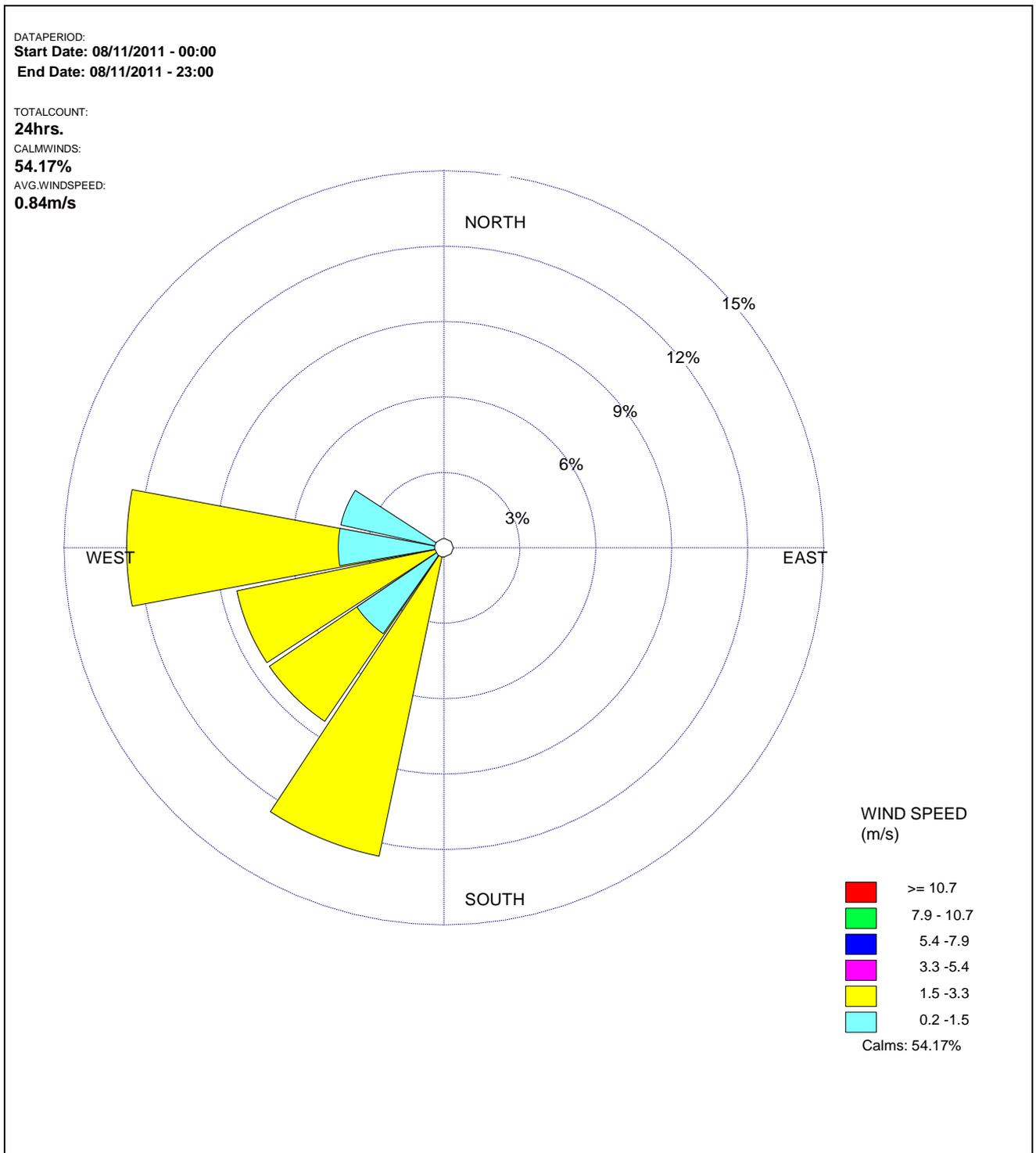
**Figura 11: Representación gráfica de la rosa de vientos: 28/10/2011**



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

*Fuente: Elaboración propia*

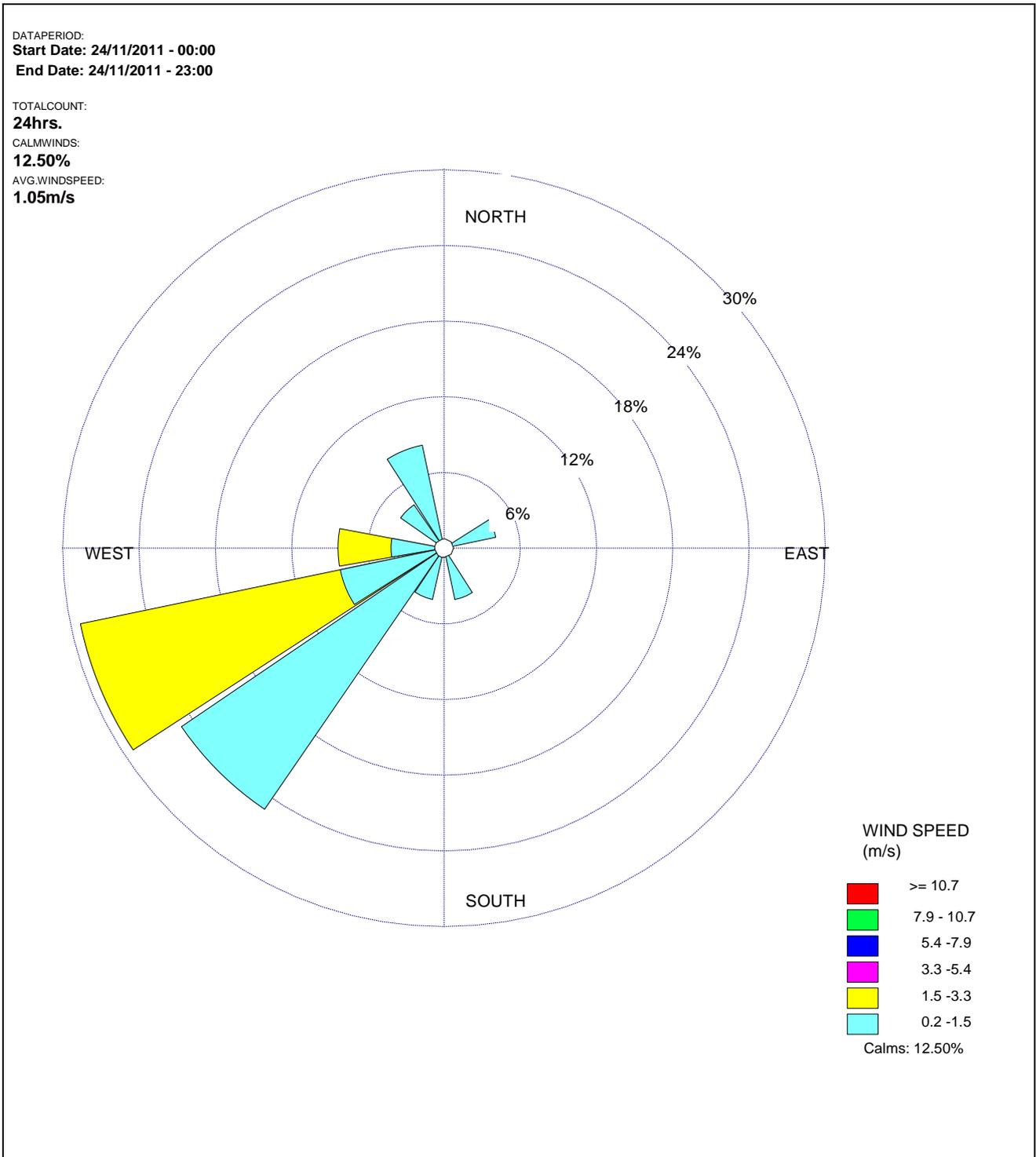
**Figura 12: Representación gráfica de la rosa de vientos: 08/11/2011**



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 13: Representación gráfica de la rosa de vientos: 24/11/2011**



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

*Fuente: Elaboración propia*

## VII. CONCLUSIONES

Este trabajo muestra las condiciones actuales en cuanto a presencia de hongos, humedad relativa y temperatura de la biblioteca. Queda manifiesto la existencia de esporas fúngicas en el aire interior de los ambientes de la BAN las cuales interactúan directamente a la presencia de personas.

La BAN constituye un ambiente favorable para el desarrollo de las esporas fúngicas; la cual se pudo demostrar con el estudio realizado a los 13 ambientes más representativos de este recinto, de las cuales dos son ambientes externos (parte frontal y posterior de la biblioteca) y 11 son ambientes internos ubicados en el primero, segundo y tercer nivel de la biblioteca. Según esto se puede concluir que la BAN presenta condiciones ambientales de temperatura y humedad, que favorecen el crecimiento de hongos.

Se detectaron un total de 1294 Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m<sup>3</sup>) en los 13 ambientes en estudio, de los cuales se encontraron las mayores concentraciones en los ambientes externos a la biblioteca con una concentración de 1013 UFC/m<sup>3</sup> en la parte frontal y de 895 UFC/m<sup>3</sup> en la parte posterior de la BAN.

Los géneros fúngicos aislados que pudieron identificarse de los 13 ambientes de la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN) durante los meses de octubre y noviembre del 2011 fueron un total de 13, siendo estos los siguientes: *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Curvularia*, *Stemphylium*, *Geotrichum*, *Pithomyce*, *Ulocladium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, además de Levaduras, Rhodotorulas y los que no se pudieron identificar se anotaron como micelios sin esporular.

Los principales grupos fúngicos encontrados con mayor frecuencia en los diferentes ambientes de la BAN fueron: *Cladosporium* (67.85%), *Alternaria* (8.12%), *Penicillium* (5.03%), *Aspergillus* (3.36%) y *Fusarium* (2.41%). Estos géneros presentan características alérgicas por lo que existe un cierto riesgo para la salud de los estudiantes y trabajadores que se encuentran expuestos diariamente a estos ambientes, además según la bibliografía consultada estos mismos géneros también fueron encontrados en investigaciones sobre la calidad del aire en el interior de ambientes cerrados. Nuestros resultados indican que la

exposición durante un tiempo prolongado a estos hongos internos puede contribuir a problemas alérgicos en las vías respiratorias como generar cierto tipo de dermatitis en la piel.

El *Cladosporium*, fue el género predominante tanto en el aire interno como externo. Aunque el género predominante fue el mismo en el aire interno y externo, el *Cladosporium* fue seguido por los géneros *Alternaria*, *Penicillium* y *Aspergillus* respectivamente tanto en el aire interno como externo.

Se pudo determinar a través de un análisis estadístico la asociación que existe entre la concentración de los hongos ambientales encontrados en los diferentes ambientes internos de la biblioteca y las dos variables meteorológicas. Los resultados que se procesaron se ajustan a un modelo de regresión lineal múltiple que describe la relación entre la concentración expresada en UFC/m<sup>3</sup> y las dos variables independientes (temperatura ambiente y humedad relativa). Se puede apreciar en el Cuadro 12, que para todos los ambientes estudiados, la significancia del análisis estadístico (valor-P) es menor a 0.05, consecuentemente existe una relación estadísticamente significativa entre las variables independientes con la concentración de esporas fúngicas. Las ecuaciones de los modelos ajustados se muestran en el cuadro mencionado. En el mismo cuadro se muestra el estadístico R-Cuadrada (R<sup>2</sup>) que indica que el modelo ajustado explica un % de la variabilidad en UFC/m<sup>3</sup>.

Los resultados muestran la diversidad de microorganismos en las diferentes ambientes de la BAN, algunas de las cuales son hongos relacionados con el entorno del edificio, como pueden ser los diferentes campos de cultivo que existe alrededor de éste recinto académico, por lo que la concentración encontrada tiene concordancia con el análisis de la rosa de viento de la zona, ya que estas graficas nos muestran la velocidad y dirección del viento para los días de estudio y este llega de manera directa a la parte frontal de la BAN, encontrando por este motivo la mayor concentración de esporas fúngicas en esta parte de la biblioteca que han sido aerotransportados por el aire y polvo.

## VIII. RECOMENDACIONES

En el estudio de la BAN se observó una limpieza inadecuada de los libros en algunas salas, este hecho favorece la presencia de hongos y el deterioro de libros y otros materiales; ya que el polvo proporciona un medio nutritivo adecuado para el desarrollo de estos microorganismos, por lo tanto se recomienda una buena limpieza e incluso, aspirado del polvo ubicado en los libros.

Durante el periodo de muestreo se pudo apreciar que varios de los ambientes en estudio presentaban sus ventanas abiertas. Se recomienda mantener las ventanas cerradas para evitar el contacto con el ambiente exterior, según las bibliografías revisadas, el intercambio de aire entre el exterior y el interior favorece la presencia de esporas en este último.

Es necesario un mejor control de la temperatura y humedad de todos los ambientes internos de la BAN, ya que estos parámetros influyen sobre la presencia y proliferación de los hongos en los ambientes. Se recomienda cualquier medida que puede reducir la humedad. El aire acondicionado y deshumidificadores son buenas alternativas pero hay que realizarles un mantenimiento correcto y preventivo ya que son fuentes donde se acumulan estas esporas y pueden generar una exposición significativa a las personas.

El presente trabajo fue de tipo cuantitativo y cualitativo, en donde se detectaron cepas pertenecientes a géneros que incluyen patógenos, por lo tanto es imprescindible y se aconseja se realicen estudios similares en las diferentes edificaciones ubicadas dentro del campus de la UNALM, como son el comedor estudiantil, las facultades, los laboratorios, la nueva biblioteca ubicada al costado de la BAN, que concentran gran cantidad de personas y que para estos casos se realice una identificación a especie de las cepas encontradas. Asimismo, es necesario realizar estudios sobre procesos fisiopatológicos de los usuarios y del personal que labora en las bibliotecas que puedan tener relación con la presencia de hongos.

Según los resultados encontrados ha quedado manifiesto la existencia de esporas fúngicas en el aire interior de los ambientes de la BAN las cuales interactúan directamente a la presencia de personas, por lo cual se recomienda evitar la superpoblación de los espacios cerrados.

El control del moho interno en los baños requiere diversas medidas como la utilización de fungicidas para quitar el moho existente en el piso, paredes o zonas donde existiesen y poder desinfectarlo lo más pronto posible. Otra medida que se sugiere es la aplicación frecuente de lejía dentro del inodoro y la limpieza del moho visible en superficies. Estas medidas pueden reducir la concentración de moho en los baños, ya que estos lugares presentan las características adecuadas para la proliferación de contaminantes micóticos.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

**Aira, M., Jato, V. y Iglesias, I.** 2005. Calidad del aire: Polen y esporas en la comunidad gallega. Xunta de Galicia. *Consellería de Medio Ambiente*, 2: 180-210.

**Albright, D.** 2001. Human health effects of airborne mycotoxins exposure in fungi-contaminated indoor environment. *Professional Safety*, 46: 26-28.

**Asociación Española de Aerobiología,** 2005. La rede Gallega de Aerobiología. Universidad Santiago de Compostela. Consultado el 10 oct 2011. Disponible en <http://www.usc.es>

**Aydogdu, H. y Asan, A.** 2008. Airborne fungi in child day care centers in Edirne City, Turkey. *Environ Monit Assess*, 147: 423-444.

**Aydogdu, H., Asan, A., Tatman, M. y Ture, M.** 2004. Monitoring of Fungi and Bacteria in the Indoor Air of Primary Schools in Edirne City, Turkey. *Indoor and Built Environment* 2005, 14: 411-425.

**Bartlett, K., Kennedy, S., Brauer, M., Netten, C. y Dill, B.** 2004. Evaluation and a Predictive Model of Airborne Fungal Concentrations in School Classrooms. *Annals of Occupational Hygiene*, 48 (6): 547-554.

**Basilico, M., Chiericatti, C., Aringoli, E., Althaus, R. y Basilico, J.** 2007. Influence of environmental factors on airborne fungi in of Santa Fe City, Argentina. *Science of the Total Environment*, 376: 143–15.

**Berenguer, J. y Martí, C.** Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. Consultado el 10 oct 2011. Disponible en <http://www.mtas.es>

**Berlongieri, A.** 1999. Differences in the amount of fungi found in the air indoors and outdoors. *J. Introductory Microbiol*, 2: 9-11.

**Bueno, D., Silva, J. y Oliver, G.** 2003. Hongos ambientales en una biblioteca: Un año de estudio. *Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe*. 1(6): 27-34.

**Burge, H., Pierson, D., Groves, T., Strawn, K. y Mishra, S.** 2000. Dynamic of airborne population in a large office building. *Current Microbiol*, 40: 10-16.

**Caballero, M., Cartín, V. y Alfaro, M.** 2007. Calidad del aire en dos centros hospitalarios y ocho clínicas veterinarias en Costa Rica. *Rev. Costarricense de salud pública*, 16 (30): 17-26.

**Calleja, A. y Martí C.** Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. NTP 203: Contaminantes biológicos: evaluación en ambientes laborales. Consultado el 15 nov 2011. Disponible en <http://www.mtas.es>

**Castañeda, E., Rivera, J. y Batista K.** 2003. Determinación de la calidad microbiológica del aire en una industria textil. *Revista Latino Americana de la Salud en el Trabajo*, 3 (1): 21.

**Castro, C.** (2009). Evaluación aeromicológica en la calidad del aire de la zona aledaña al relleno sanitario Portillo Grande en el otoño del 2009. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. Pag 35.

**De La Rosa, M., Ullán, C., Prieto, M. y Mosso, M.** 2000. Calidad microbiológica del aire de una zona limpia en una industria farmacéutica, *Anal. Real Acad. Farm*, 66 (2):1-17.

**EPA (Environmental Protection Agency).** 2005. IAQ Reference Guide. Indoor Air Quality Tools for Schools. Consultado el 3 oct 2011. Disponible en [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

**EPA (Environmental Protection Agency).**1991. Building Air Quality. A Guide for Building Owners and Facility Managers. Consultado el 3 oct 2011. Disponible en [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

**Fernández, V. y Vaamonde, G.** 1996. Hongos productores de micotoxinas. *Rev. Argentina de microbiología*, 28: 147-162.

**García, N., Araujo, I., Fernández, M., Salcedo, W., Cárdenas, C., Fernández, J., Herrera, L., Yabroudi, S. y Angulo, N.** 2005. Calidad microbiológica y fisicoquímica del aire en tres laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia. *Ciencia*, 13 (2): 182-192.

**Klanova, K.** 2000. The concentrations of mixed populations of fungi indoor air: rooms with and without mould problems, rooms with and without health complaints. *Cent Eur J Public Health*, 8: 59-61.

**Lurá, J.; Gonzales, A.; Basílico, J.; Sarsotti, P.; Gómez, R. y Freyre, L.** 1997. Introducción al estudio de la micología. Ciencia y técnica, Universidad Nacional del Litoral. Argentina, pp. 11-37.

**Madigan, M.; Martinko J. y Parker, J.** 2003. Biología de los microorganismos. 10ª Edición. USA, pp. 482-487.

**Maguiña, C.** 1996. Los aportes de Louis Pasteur a 100 años de su muerte. Boletín de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. Instituto de medicina tropical Alexander Von Humbolt. Universidad Cayetano Heredia, Perú. 9 (1). Consultado el 20 oct 2011. Disponible en [www.sisbib.unmsm.edu.pe](http://www.sisbib.unmsm.edu.pe)

**Manzano, A. y Mancha F.** 2007. De los miasmas a los edificios enfermos: hongos en el interior. *RCCV*, 1(2): 277-287.

**Morales, J.; Candau, P. y Gonzáles, F.** 2004. Relación entre la concentración de algunas esporas fúngicas en el aire de Sevilla y los índices bioclimáticos. Dpto. de Biología vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla, España. Consultado el 18 nov 2011. Disponible en [www.aeclim.org](http://www.aeclim.org)

**MTAS (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España).** 1997. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos. Consultado el 15 nov 2011. Disponible en [www.mtas.es](http://www.mtas.es)

**Negro, J.** 2002. Alergia a hongos. Universidad de Murcia. España. Consultado el 25 nov 2011. Disponible en [www.alergiomurcia.com](http://www.alergiomurcia.com)

**NTP 243 (Nota Técnica de Prevención 243).** Ambientes cerrados: calidad de aire. Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales de España. Instituto de Seguridad e higiene en el trabajo. Consultado el 15 nov 2011. Disponible 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)

**NTP 289 (Nota Técnica de Prevención 289).** Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo. Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales de España. Instituto de Seguridad e higiene en el trabajo. Consultado el 15 nov 2011. Disponible en [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_289.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_289.pdf)

**NTP 299 (Nota Técnica de Prevención 299).** Método para el recuento de bacterias y hongos en aire. Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales de España. Instituto de Seguridad e higiene en el trabajo. Consultado el 15 nov 2011. Disponible en [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_299.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_299.pdf)

**O'Connor, G., Walter, M., Mitchell, H., Kattan, M., Morgan, W. y Gruchalla, R.** 2004. Airborne fungi in the homes of children with asthma in low-income urban communities: The Inner-City Asthma Study. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 114: 599-606.

**Prescott, L., Harley, J. y Klein D.** 2002. Microbiología. 5ª Edición. McGraw-Hill, pp. 553-564.

**Rivera, J., Sánchez, J., Ortiz, G. y Barahona, C.** 2009. Monitoreo bacteriológico en el aire interior de un edificio. *Sociedad Científica de Estudiantes de Medicina de la UCV. Acta Científica Estudiantil*, 7(1): 4-7.

**Rodríguez de Kopp, N., Chiericatti, C., Basílico, M. y Basílico, J.** 1998. Estudio de la flora fúngica ambiental de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. *Rev. Argentina de micología*, 21(3): 10-3.

**Rolka, H., Krajewska, K., Lukaszuk, C. y Ocsiejczuk, E.** 2005. Indoor air studies of fungi contamination of social welfare home in Czerewki in north-east part of Poland. *Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku*, 50: 26-30.

**Rosas, I., Cravioto, A. y Ezcurra, E.** 2004. Bacterias en la atmosfera – Microbiología ambiental. Consultado el 22 nov 2011. Disponible en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/440/cap1.html>

**Ross, C., Menezes, J., Estivalet, T., Albino, U. y Galdino, A.** 2004. Studies on fungal and bacterial population of air-conditioned environments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(5): 827.

**Subero, L.** 2001. Los hongos: su morfología, reproducción y fisiología. Consultado el 11 nov 2011. Disponible en <http://www.infoagro.net/pages/Default.aspx>

**Yazicioglu, M., Asan, A., Ones, U., Vatansever, U., Sen, B., Ture, M., Bostancioglu, M. y Palah, O.** 2004. Indoor airborne fungal spores and home characteristics in asthmatic children from Edirne region of Turkey. *Allergolett Immunopathol*, 32(4): 197-203.

**Yang, C. y Johanning, E.** 1997. Airborne fungi and mycotoxins. *Manual of Environmental Microbiology. USA: ASM Press*, 651-660.

# **Anexo N° 1**

## **Resultados totales**

A continuación se muestran los cuadros resumen de la información obtenida en la parte experimental del trabajo de investigación, donde se describe la cantidad de esporas fúngicas en cada placa, condiciones de temperatura ambiente, humedad relativa y el cálculo de las unidades formadoras de colonias expresadas en UFC/m<sup>3</sup> por cada ambiente donde se tomaron las muestras los 6 días de muestreo durante los meses de octubre y noviembre del 2011.

### Sitio de muestreo N° 1

Día y fecha de muestreo	1. Parte frontal de la BAN						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m <sup>3</sup>
1er día 3/10/2011	19.8	81.8	38	30	68	34	240.28
	23.1	75	41	39	80	40	282.69
	23.8	68.6	16	16	32	16	113.07
2do día 12/10/2011	24.5	65	9	11	20	10	70.67
	24.2	65.7	10	13	23	11.5	81.27
	24.3	65.6	12	9	21	10.5	74.20
3er día 20/10/2011	23.7	73.8	33	32	65	32.5	229.68
	24.1	67.4	15	13	28	14	98.94
	24.4	68.6	9	8	17	8.5	60.07
4to día 28/10/2011	21.2	76.9	4	4	8	4	28.27
	24	70.2	20	15	35	17.5	123.67
	23.1	63.5	9	8	17	8.5	60.07
5to día 8/11/2011	22.1	75.4	40	42	82	41	289.75
	23.5	73.4	32	31	63	31.5	222.61
	24.1	70.5	23	25	48	24	169.61
6to día 24/11/2011	24.8	65.5	12	7	19	9.5	67.14
	23.8	70.9	93	87	180	90	636.04
	23.9	71.8	28	26	54	27	190.81

**Sitio de muestreo N° 2**

Día y fecha de muestreo	2. Sala Q Ciencias puras						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	22.6	74.4	12	15	27	13.5	95.41
	23.6	68.7	13	16	29	14.5	102.47
	23.1	71.8	19	17	36	18	127.21
2do día 12/10/2011	23.1	67.9	11	10	21	10.5	74.20
	23.4	67.8	10	8	18	9	63.60
	23.3	68.5	15	15	30	15	106.01
3er día 20/10/2011	22.6	74.4	11	13	24	12	84.81
	23.6	69.7	10	7	17	8.5	60.07
	23.1	70.8	13	15	28	14	98.94
4to día 28/10/2011	22.8	70.1	10	12	22	11	77.74
	23.7	68.6	14	12	26	13	91.87
	23.7	68.7	9	7	16	8	56.54
5to día 8/11/2011	22.3	74.1	43	51	94	47	332.16
	21.8	74.8	45	50	95	47.5	335.69
	24.1	70.1	19	12	31	15.5	109.54
6to día 24/11/2011	23.4	68.8	10	10	20	10	70.67
	23.2	71.3	34	31	65	32.5	229.68
	23.6	65.2	11	6	17	8.5	60.07

### Sitio de muestreo N° 3

Día y fecha de muestreo	3. Sala tesis						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	23.6	70	7	7	14	7	49.47
	23.3	71.2	8	8	16	8	56.54
	23.9	69.5	12	14	26	13	91.87
2do día 12/10/2011	23.7	69.3	9	5	14	7	49.47
	24.4	68.5	7	5	12	6	42.40
	24.1	67.9	9	13	22	11	77.74
3er día 20/10/2011	24.8	67	7	8	15	7.5	53.00
	23.5	70.2	7	7	14	7	49.47
	23.2	70.5	8	8	16	8	56.54
4to día 28/10/2011	24.1	67.7	4	3	7	3.5	24.73
	24.7	67	7	8	15	7.5	53.00
	24.5	68	5	6	11	5.5	38.87
5to día 8/11/2011	22.1	73.9	61	67	128	64	452.30
	23.9	69.6	17	13	30	15	106.01
	24.3	67.4	8	10	18	9	63.60
6to día 24/11/2011	24.4	68.7	7	5	12	6	42.40
	23.3	70.9	40	32	72	36	254.42
	23.7	70.5	17	18	35	17.5	123.67

### Sitio de muestreo N° 4

Día y fecha de muestreo	4. Parte posterior de la BAN						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	21.5	72.4	7	8	15	7.5	53.00
	22.3	73.7	32	32	64	32	226.15
	23.3	72.8	22	18	40	20	141.34
2do día 12/10/2011	22.6	70.5	12	9	21	10.5	74.20
	23.4	70.1	7	10	17	8.5	60.07
	23.1	72.3	15	16	31	15.5	109.54
3er día 20/10/2011	22.5	71	15	13	28	14	98.94
	22.6	70.7	10	11	21	10.5	74.20
	19.3	83	13	13	26	13	91.87
4to día 28/10/2011	22.9	72.4	20	11	31	15.5	109.54
	22.7	68.3	9	7	16	8	56.54
	23.1	71.6	13	16	29	14.5	102.47
5to día 8/11/2011	20.4	79	82	81	163	81.5	575.97
	23.1	73	25	24	49	24.5	173.14
	22.7	71.4	16	12	28	14	98.94
6to día 24/11/2011	23.1	67.5	11	8	19	9.5	67.14
	22.8	73.3	34	29	63	31.5	222.61
	21.8	76.3	52	47	99	49.5	349.82

### Sitio de muestreo N° 5

Día y fecha de muestreo	5.Baño de hombres						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	22.9	73.9	17	18	35	17.5	123.67
	21.8	74.9	31	27	58	29	204.95
	22.7	73.5	14	17	31	15.5	109.54
2do día 12/10/2011	22.1	74.2	17	21	38	19	134.28
	23.8	71.8	7	10	17	8.5	60.07
	23.5	72.5	8	11	19	9.5	67.14
3er día 20/10/2011	23.9	72.1	6	7	13	6.5	45.94
	23.5	72.6	8	11	19	9.5	67.14
	22.7	73.7	16	17	33	16.5	116.61
4to día 28/10/2011	23.6	72	8	10	18	9	63.60
	22.4	74.6	21	22	43	21.5	151.94
	23.1	73.6	6	6	12	6	42.40
5to día 8/11/2011	21.2	75.8	35	37	72	36	254.42
	22.1	74	18	19	37	18.5	130.74
	23.1	73.3	17	13	30	15	106.01
6to día 24/11/2011	24.7	70	9	6	15	7.5	53.00
	21.6	75	31	30	61	30.5	215.55
	25.2	68	3	4	7	3.5	24.73

**Sitio de muestreo N° 6**

Día y fecha de muestreo	6. Baño de mujeres						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	24.1	73.5	11	8	19	9.5	67.14
	23.3	74.5	16	22	38	19	134.28
	23.7	73.7	21	20	41	20.5	144.88
2do día 12/10/2011	22.7	75.9	37	39	76	38	268.55
	22.6	74.8	8	11	19	9.5	67.14
	22.8	75.6	38	36	74	37	261.48
3er día 20/10/2011	23.3	74.7	24	29	53	26.5	187.28
	23.3	72.6	8	10	18	9	63.60
	23.7	73.9	21	22	43	21.5	151.94
4to día 28/10/2011	23.1	72.5	14	18	32	16	113.07
	23.3	76.7	19	16	35	17.5	123.67
	24.4	71.3	5	5	10	5	35.34
5to día 8/11/2011	22.1	75.4	45	45	90	45	318.02
	23.8	72.1	13	14	27	13.5	95.41
	23.5	73.2	16	18	34	17	120.14
6to día 24/11/2011	24.9	71.3	3	3	6	3	21.20
	22.4	75.7	45	44	89	44.5	314.49
	23.9	72.4	8	9	17	8.5	60.07

### Sitio de muestreo N° 7

Día y fecha de muestreo	7. Sala de investigación						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	24.6	64.7	12	13	25	12.5	88.34
	25.1	64.4	10	8	18	9	63.60
	24.8	65.1	9	8	17	8.5	60.07
2do día 12/10/2011	23.9	62.6	2	1	3	1.5	10.60
	25.2	62.4	7	10	17	8.5	60.07
	25.8	62.4	2	2	4	2	14.13
3er día 20/10/2011	24.6	64.7	11	12	23	11.5	81.27
	26.1	62.1	1	2	3	1.5	10.60
	24.3	68.1	12	15	27	13.5	95.41
4to día 28/10/2011	24.9	63.1	9	13	22	11	77.74
	23	70	20	14	34	17	120.14
	23.8	67	6	7	13	6.5	45.94
5to día 8/11/2011	23.2	69.9	13	18	31	15.5	109.54
	24.8	65.3	9	9	18	9	63.60
	24.7	65.8	95	94	189	94.5	667.84
6to día 24/11/2011	25.6	64.5	6	4	10	5	35.34
	23.9	68.6	14	14	28	14	98.94
	25.7	64.5	5	6	11	5.5	38.87

**Sitio de muestreo N° 8**

Día y fecha de muestreo	8. Módulos de lectura						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	24.6	71	20	18	38	19	134.28
	24.3	71.3	24	22	46	23	162.54
	24.7	68.9	16	14	30	15	106.01
2do día 12/10/2011	22.1	73.5	30	28	58	29	204.95
	24.3	68.2	13	10	23	11.5	81.27
	24.6	68.3	7	5	12	6	42.40
3er día 20/10/2011	24	71	19	21	40	20	141.34
	24.3	71.3	10	9	19	9.5	67.14
	24.7	68.5	13	12	25	12.5	88.34
4to día 28/10/2011	24.6	68.8	10	12	22	11	77.74
	24.6	68.6	13	14	27	13.5	95.41
	24.5	68.9	8	8	16	8	56.54
5to día 8/11/2011	24.3	72.1	23	17	40	20	141.34
	24.2	71.8	27	23	50	25	176.68
	24.1	66.1	93	90	183	91.5	646.64
6to día 24/11/2011	24.9	69.8	4	4	8	4	28.27
	23.3	73.3	23	30	53	26.5	187.28
	24.7	66.6	13	9	22	11	77.74

**Sitio de muestreo N° 9**

Día y fecha de muestreo	9. Oficina de servicio al publico						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	25.2	68	5	7	12	6	42.40
	24	70.5	13	16	29	14.5	102.47
	22.4	73.9	16	14	30	15	106.01
2do día 12/10/2011	25.6	66.3	2	2	4	2	14.13
	24.9	67.9	5	7	12	6	42.40
	23.3	69.1	3	8	11	5.5	38.87
3er día 20/10/2011	23.2	69.9	9	10	19	9.5	67.14
	24	70.5	7	8	15	7.5	53.00
	22.4	73.9	12	10	22	11	77.74
4to día 28/10/2011	25.6	66.7	2	2	4	2	14.13
	23.3	69.6	10	11	21	10.5	74.20
	23.9	69.7	11	12	23	11.5	81.27
5to día 8/11/2011	23.5	69.5	12	9	21	10.5	74.20
	24.2	69.1	6	10	16	8	56.54
	24.9	69.9	39	49	88	44	310.95
6to día 24/11/2011	25.1	68.5	7	6	13	6.5	45.94
	25.3	68.1	7	4	11	5.5	38.87
	25.2	68.3	8	4	12	6	42.40

**Sitio de muestreo N° 10**

Día y fecha de muestreo	10. Caja y fotocopias						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	23.5	70	19	23	42	21	148.41
	24.3	68.5	32	35	67	33.5	236.75
	24.7	65.8	11	11	22	11	77.74
2do día 12/10/2011	25.1	64.9	10	11	21	10.5	74.20
	25.2	65.1	12	9	21	10.5	74.20
	25.4	66.9	11	7	18	9	63.60
3er día 20/10/2011	25.5	65.6	9	9	18	9	63.60
	25.3	65	9	10	19	9.5	67.14
	25.6	66.8	9	8	17	8.5	60.07
4to día 28/10/2011	24.7	66.3	13	11	24	12	84.81
	24.6	66.9	12	15	27	13.5	95.41
	24.9	65.5	9	12	21	10.5	74.20
5to día 8/11/2011	23.1	69.3	16	17	33	16.5	116.61
	24.6	67.1	23	27	50	25	176.68
	24.4	67.1	26	30	56	28	197.88
6to día 24/11/2011	24.1	68.8	37	39	76	38	268.55
	23.1	70.2	50	39	89	44.5	314.49
	24.4	67.7	27	28	55	27.5	194.35

**Sitio de muestreo N° 11**

Día y fecha de muestreo	11. Sala Agricultura						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	24.5	67.2	16	12	28	14	98.94
	24.4	67.6	15	13	28	14	98.94
	24.5	67.4	8	8	16	8	56.54
2do día 12/10/2011	24.6	66.3	5	7	12	6	42.40
	24.5	65.1	5	4	9	4.5	31.80
	24.4	64.9	5	3	8	4	28.27
3er día 20/10/2011	24.5	67.2	7	9	16	8	56.54
	24.3	68.6	7	7	14	7	49.47
	24.6	67.2	9	7	16	8	56.54
4to día 28/10/2011	24.7	68.5	5	6	11	5.5	38.87
	24.5	66.8	10	11	21	10.5	74.20
	24.4	68.4	6	8	14	7	49.47
5to día 8/11/2011	23.8	73.2	51	52	103	51.5	363.96
	24.3	68.7	21	20	41	20.5	144.88
	24.6	67.4	12	15	27	13.5	95.41
6to día 24/11/2011	24.7	67	67	62	129	64.5	455.83
	24.3	69.3	21	27	48	24	169.61
	24.1	70.1	24	26	50	25	176.68

**Sitio de muestreo N° 12**

Día y fecha de muestreo	12. Sala Ciencias sociales						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	23.1	70.8	6	5	11	5.5	38.87
	24.3	65.3	11	10	21	10.5	74.20
	24.7	64.8	7	5	12	6	42.40
2do día 12/10/2011	24.9	63.3	2	2	4	2	14.13
	25.3	64.1	2	5	7	3.5	24.73
	24.6	63.2	2	2	4	2	14.13
3er día 20/10/2011	24.4	65.5	14	12	26	13	91.87
	24.5	64.9	11	8	19	9.5	67.14
	25.1	64.7	3	5	8	4	28.27
4to día 28/10/2011	24.7	64.3	7	9	16	8	56.54
	24.2	65.5	14	11	25	12.5	88.34
	24.8	66.4	5	7	12	6	42.40
5to día 8/11/2011	23.9	68.1	27	29	56	28	197.88
	24.2	66.1	20	18	38	19	134.28
	24.1	67.3	24	26	50	25	176.68
6to día 24/11/2011	24.2	67.4	80	72	152	76	537.10
	23.2	69.8	36	30	66	33	233.22
	24.3	66.3	20	18	38	19	134.28

### Sitio de muestreo N° 13

Día y fecha de muestreo	13. Hemeroteca						
	T amb (C°)	HR %	Placa 1	Placa 2	Total	Promedio	UFC/m3
1er día 3/10/2011	23.3	71.6	12	13	25	12.5	88.34
	23.8	68.3	10	14	24	12	84.81
	24.2	67	10	12	22	11	77.74
2do día 12/10/2011	24.5	64.7	9	6	15	7.5	53.00
	24.9	63.4	4	8	12	6	42.40
	24.8	65.5	7	11	18	9	63.60
3er día 20/10/2011	24.3	66.7	11	10	21	10.5	74.20
	24.9	64.3	7	6	13	6.5	45.94
	24.7	64.5	6	7	13	6.5	45.94
4to día 28/10/2011	24.7	65.5	8	9	17	8.5	60.07
	24.4	65.9	8	11	19	9.5	67.14
	24.2	65.4	5	6	11	5.5	38.87
5to día 8/11/2011	23.5	70	13	17	30	15	106.01
	24.3	66.9	8	14	22	11	77.74
	24.9	65.4	11	7	18	9	63.60
6to día 24/11/2011	23.7	69.3	12	15	27	13.5	95.41
	23	72	22	15	37	18.5	130.74
	23.6	69.6	16	13	29	14.5	102.47

En los cuadros presentados anteriormente se muestran valores resaltados de color rojo, estos son resultados atípicos que fueron detectados al ingresar todos los datos de cada ambiente al programa estadístico MINITAB, las cuales se pudieron producir debido a diferentes variables que no fueron consideradas como la estabilización del equipo, datos anotados erróneamente, limpieza o la cantidad de personas en los ambientes en estudio, los cuales alteran el valor de la concentración de hongos y la relación entre esta y la temperatura y humedad relativa en cada lugar estudiado. Estos valores descartados por el programa llamados residuos miden cuántas desviaciones estándar se desvía de cada valor observado de UFC/m<sup>3</sup> del modelo ajustado, utilizando todos los datos excepto esa observación. En la mayoría de casos, existían 2 valores atípicos y en algunos casos 1 ó 3 valores de la data total. Es conveniente examinar detenidamente los resultados con residuos atípicos mayores a 3 para determinar si los resultados obtenidos presentan significancia para el modelo estadístico.

## **Anexo N° 2**

**Análisis de regresión:  
UFC vs.  $T_{amb}$  (C°), % HR**

### 1. Parte frontal de la BAN

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC/m}^3 = -3541 + 73.0 \text{ T amb (C}^\circ\text{)} + 27.8 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-3541	1211	-2.92	0.013
T amb (C°)	73.03	31.21	2.34	0.037
% HR	27.761	7.401	3.75	0.003

S = 59.4672 R-cuad. = 57.8%  
R-cuad.(ajustado) = 50.8%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	58119	29059	8.22	0.006
Error residual	12	42436	3536		
Total	14	100555			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	8364	
% HR	1	49755	

Observaciones poco comunes

Obs	T amb (C°)	UFC	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
9	21.2	28.3	141.9	47.8	-113.6	-3.22RX
11	22.1	289.8	166.0	31.4	123.8	2.45R

### 2. Sala Q Ciencias puras

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC} = 275 - 68.8 \text{ T amb (C}^\circ\text{)} + 20.8 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	275	1097	0.25	0.806
T amb (C°)	-68.79	29.70	-2.32	0.039
% HR	20.823	6.873	3.03	0.010

S = 42.3995 R-cuad. = 82.5%  
R-cuad.(ajustado) = 79.6%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	101870	50935	28.33	0.000
Error residual	12	21573	1798		
Total	14	123443			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	85369	
% HR	1	16501	

### 3. Sala tesis

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC} = -559 - 25.4 \text{ T amb (C}^\circ\text{)} + 18.0 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-559	2002	-0.28	0.785
T amb (C°)	-25.36	41.02	-0.62	0.548
% HR	18.05	15.11	1.19	0.255

S = 31.5132 R-cuad. = 74.2%  
R-cuad.(ajustado) = 69.9%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	34303	17152	17.27	0.000
Error residual	12	11917	993		
Total	14	46220			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	32885	
% HR	1	1418	

Observaciones poco comunes

Obs	T amb (C°)	UFC	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
6	23.5	49.47	111.63	10.01	-62.16	-2.08R
14	22.1	254.42	213.92	24.67	40.50	2.07RX

### 4. Parte posterior de la BAN

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC} = -147 - 80.6 \text{ T amb (C}^\circ\text{)} + 29.6 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-147.3	777.5	-0.19	0.853
T amb (C°)	-80.64	20.20	-3.99	0.002
% HR	29.570	5.228	5.66	0.000

S = 38.4076 R-cuad. = 93.1%  
R-cuad.(ajustado) = 92.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	258576	129288	87.64	0.000
Error residual	13	19177	1475		
Total	15	277753			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	211381	
% HR	1	47195	

Observaciones poco comunes

Obs	T amb (C°)	UFC	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
11	20.4	575.97	543.70	32.47	32.27	1.57 X
14	23.1	67.14	-14.07	20.88	81.21	2.52R

### 5. Baño de hombres

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC/m}^3 = 4129 - 97.4 \text{ T amb (C}^\circ) - 24.3 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	4129	1386	2.98	0.009
T amb (C°)	-97.39	21.86	-4.46	0.000
% HR	-24.35	12.26	-1.99	0.066

S = 26.2542 R-cuad. = 85.5%  
R-cuad.(ajustado) = 83.6%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	61206	30603	44.40	0.000
Error residual	15	10339	689		
Total	17	71545			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	58487	
% HR	1	2719	

Observaciones poco comunes

Obs	T amb (C°)	UFC/m3	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
18	25.2	24.73	18.51	21.72	6.23	0.42 X

### 6. Baño de mujeres

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC/m}^3 = -1209 - 55.7 \text{ T amb (C}^\circ) + 36.2 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-1209	1115	-1.08	0.298
T amb (C°)	-55.73	19.98	-2.79	0.015
% HR	36.150	9.447	3.83	0.002

S = 31.5565 R-cuad. = 90.8%  
R-cuad.(ajustado) = 89.4%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	127766	63883	64.15	0.000
Error residual	13	12946	996		
Total	15	140711			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	113183	
% HR	1	14583	

### 7. Sala de investigación

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC/m}^3 = 1306 - 42.3 \text{ T amb (C}^\circ) - 2.89 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	1305.7	341.9	3.82	0.002
T amb (C°)	-42.347	7.430	-5.70	0.000
% HR	-2.891	2.543	-1.14	0.278

S = 10.5530 R-cuad. = 91.2%  
R-cuad.(ajustado) = 89.7%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	13776.8	6888.4	61.85	0.000
Error residual	12	1336.4	111.4		
Total	14	15113.2			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	13632.9	
% HR	1	143.9	

### 8. Módulos de lectura

La ecuación de regresión es:

$$\text{UFC/m}^3 = -538 - 21.7 \text{ T amb (C}^\circ) + 16.8 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-538.1	712.3	-0.76	0.463
T amb (C°)	-21.71	15.81	-1.37	0.193
% HR	16.814	5.453	3.08	0.009

S = 28.8810 R-cuad. = 74.4%  
R-cuad.(ajustado) = 70.5%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	31506	15753	18.89	0.000
Error residual	13	10843	834		
Total	15	42350			

Fuente	GL	SC	Sec.
T amb (C°)	1	23574	
% HR	1	7932	

Observaciones poco comunes

Obs	T amb (C°)	UFC/m3	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
4	22.1	204.95	218.06	25.33	-13.12	-0.95 X
14	24.9	28.27	95.07	11.52	-66.80	-2.52R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

X denota una observación cuyo valor X le concede gran apalancamiento.

9. Oficina de servicio al público							10. Caja y fotocopias						
La ecuación de regresión es:							La ecuación de regresión es:						
UFC/m3 = - 453 - 6.04 T amb (C°) + 9.46 % HR							UFC/m3 = - 50 - 67.5 Tamb (C°) + 27.8 %HR						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P			Predictor	Coef	SE Coef	T	P		
Constante	-453.1	356.5	-1.27	0.228			Constante	-50	1070	-0.05	0.963		
T amb (C°)	-6.038	5.758	-1.05	0.315			T amb (C°)	-67.53	21.22	-3.18	0.007		
% HR	9.458	3.310	2.86	0.014			% HR	27.769	8.971	3.10	0.009		
S = 11.1033 R-cuad. = 82.7%							S = 30.2688 R-cuad. = 89.0%						
R-cuad.(ajustado) = 79.8%							R-cuad.(ajustado) = 87.3%						
Análisis de varianza							Análisis de varianza						
Fuente	GL	SC	CM	F	P		Fuente	GL	SC	CM	F	P	
Regresión	2	7047.8	3523.9	28.58	0.000		Regresión	2	96493	48247	52.66	0.000	
Error residual	12	1479.4	123.3				Error residual	13	11911	916			
Total	14	8527.2					Total	15	108404				
Fuente	GL	SC	Sec.				Fuente	GL	SC	Sec.			
T amb (C°)	1	6041.5					T amb (C°)	1	87715				
% HR	1	1006.3					% HR	1	8778				
Observaciones poco comunes							Observaciones poco comunes						
Obs	T amb (C°)	UFC/m3	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar	Obs	T amb (C°)	UFC/m3	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
2	22.4	106.01	110.60	9.13	-4.60	-0.73 X	5	23.3	38.87	59.77	6.26	-20.90	-2.28R

11. Sala Agricultura							12. Sala Ciencias Sociales						
La ecuación de regresión es							La ecuación de regresión es						
UFC/m3 = 3045 - 181 T amb (C°) + 21.8 % HR							UFC/m3 = 5 - 57.2 T amb (C°) + 22.6 % HR						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P			Predictor	Coef	SE Coef	T	P		
Constante	3045	1989	1.53	0.148			Constante	5.2	826.5	0.01	0.995		
T amb (C°)	-181.41	64.95	-2.79	0.014			T amb (C°)	-57.22	19.86	-2.88	0.013		
% HR	21.795	7.245	3.01	0.009			% HR	22.602	5.743	3.94	0.002		
S = 35.6644 R-cuad. = 83.9%							S = 21.2652 R-cuad. = 91.5%						
R-cuad.(ajustado) = 81.6%							R-cuad.(ajustado) = 90.2%						
Análisis de varianza							Análisis de varianza						
Fuente	GL	SC	CM	F	P		Fuente	GL	SC	CM	F	P	
Regresión	2	92651	46325	36.42	0.000		Regresión	2	63691	31845	70.42	0.000	
Error residual	14	17807	1272				Error residual	13	5879	452			
Total	16	110458					Total	15	69569				
Fuente	GL	SC	Sec.				Fuente	GL	SC	Sec.			
T amb (C°)	1	81140					T amb (C°)	1	56686				
% HR	1	11511					% HR	1	7004				
Observaciones poco comunes							Observaciones poco comunes						
Obs	T amb (C°)	UFC/m3	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar	Obs	T amb (C°)	UFC/m3	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
8	24.3	49.47	132.07	9.82	-82.60	-2.41R	11	24.8	42.40	86.83	12.29	-44.43	-2.56R
13	23.8	363.96	323.03	28.01	40.92	1.85 X							

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

X denota una observación cuyo valor X le concede gran apalancamiento.

### 13. Hemeroteca

La ecuación de regresión es

$$\text{UFC/m}^3 = - 839 + 5.88 \text{ T amb (C}^\circ) + 11.5 \% \text{ HR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-838.6	222.3	-3.77	0.002
T amb (C°)	5.877	5.536	1.06	0.308
% HR	11.532	1.340	8.61	0.000

S = 3.00738 R-cuad. = 98.7% R-cuad.(ajustado) = 98.5%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	9009.0	4504.5	498.05	0.000
Error residual	13	117.6	9.0		
Total	15	9126.6			

Fuente	GL	SC Sec.
T amb (C°)	1	8339.2
% HR	1	669.8

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

X denota una observación cuyo valor X le concede gran apalancamiento.

## **Anexo N° 3**

### **Registro fotográfico**

## MEDICIÓN Y TOMA DE LAS MUESTRAS



En las fotos se puede apreciar el momento de la toma de las muestras y medición de la temperatura ambiente y humedad relativa en la parte frontal de la BAN (Punto 1), en la foto adyacente se registra la información respectiva.



Punto 2. Sala Q Ciencias puras

Punto 3. Sala Tesis



Punto 4. Parte posterior de la BAN

Punto 5: Baño de hombres



Punto 6: Baño de mujeres



Punto 7: Sala de investigación



Punto 8. Módulos de lectura



Punto 9: Oficina de servicio al público



Punto 10: Caja y fotocopias



Punto 11: Sala Agricultura



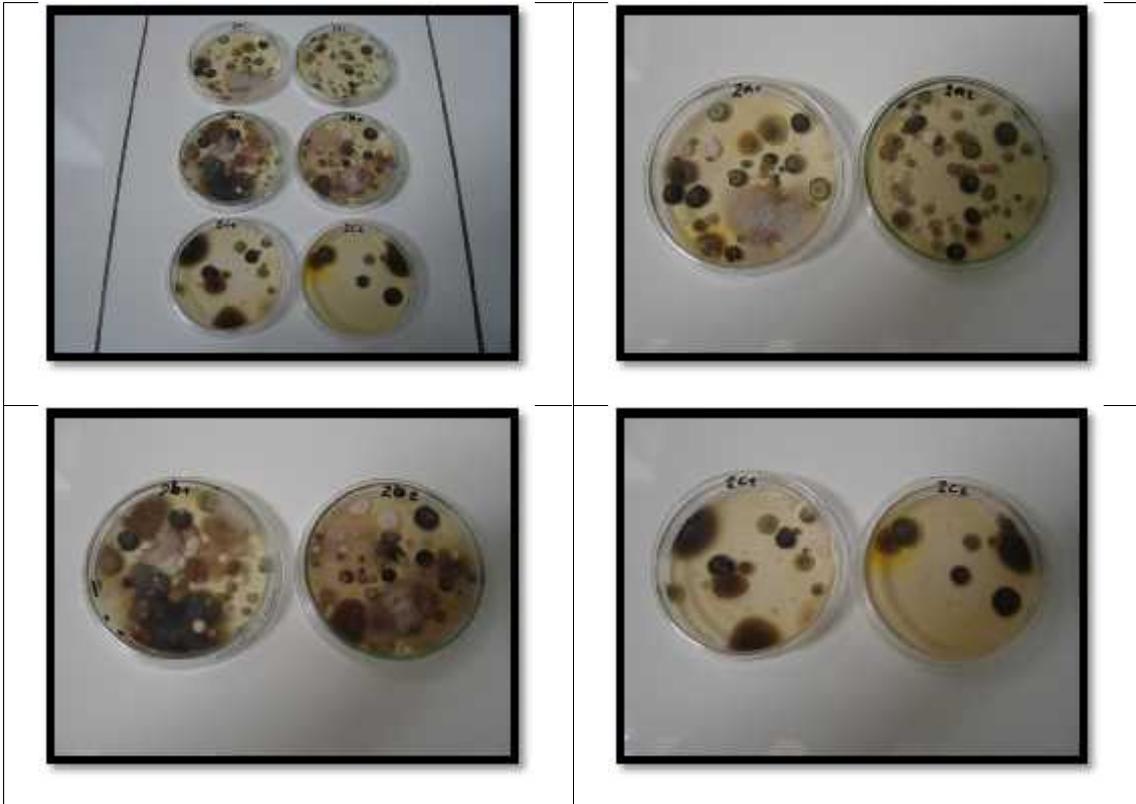
Punto 12: Sala Ciencias sociales



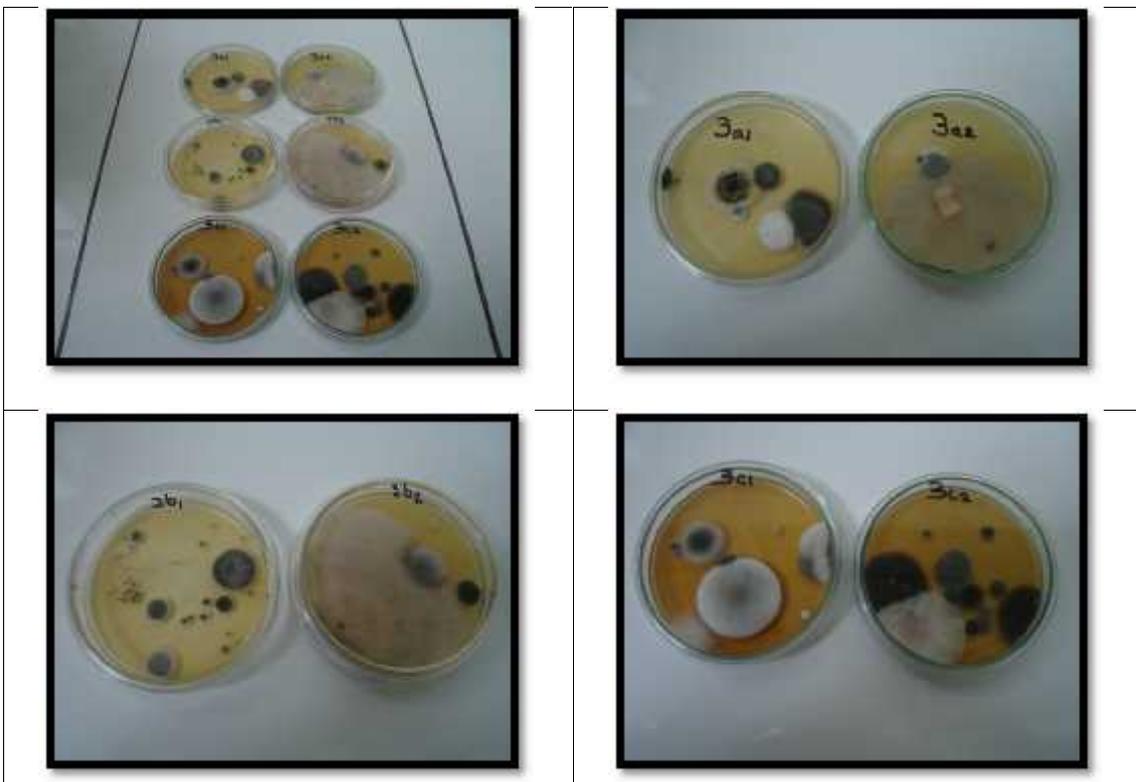
Punto 13: Hemeroteca

## CONTEO DE LAS ESPORAS FUNGICAS

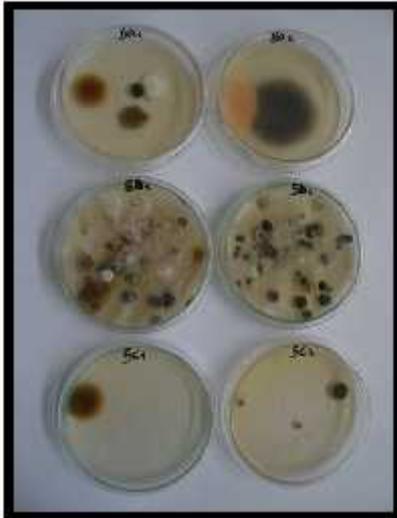
### Ambientes internos



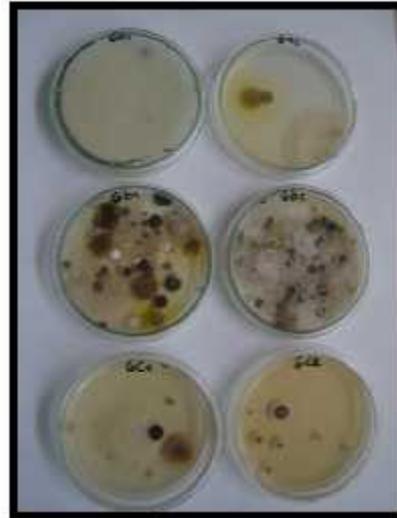
Punto 2: Sala Q Ciencias puras y sus 3 repeticiones el 1er día de muestreo: 3/10/2011



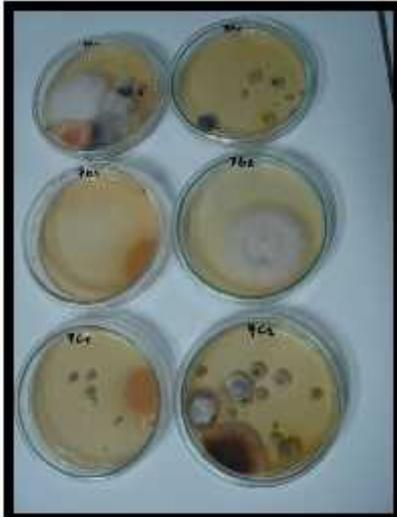
Punto 3: Sala de Tesis y sus 3 repeticiones el 2do día de muestreo: 8/10/2011



Punto 5: Baño de hombres el 3er día de muestreo 20/10/2011



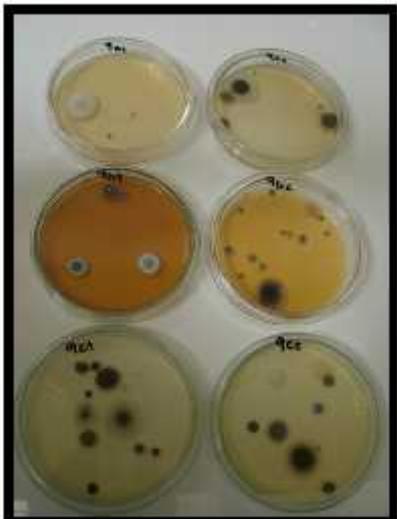
Punto 6: Baño de mujeres el 3er día de muestreo 20/10/2011



Punto 7: Sala de investigación el 4to día de muestreo 28/10/2011



Punto 8: Módulos de lectura el 5to día de muestreo 8/11/2011



Punto 9: Oficina de servicio al público el 6to día de muestreo 24/11/2011



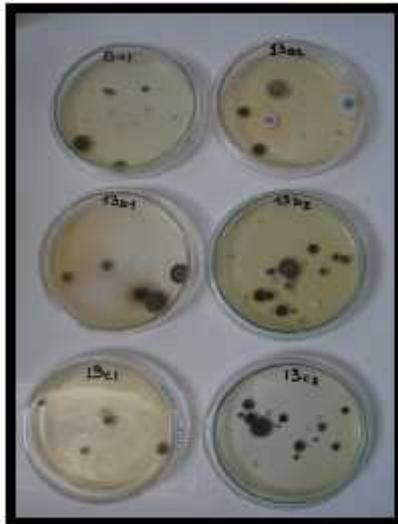
Punto 10: Caja y fotocopias el 6to día de muestreo 24/11/2011



Punto 11: Sala Agricultura el 1er día de muestreo: 3/10/2011



Punto 12: Sala Ciencias sociales el 1er día de muestreo: 3/10/2011



Punto 13: Hemeroteca el 3er día de muestreo 20/10/2011



Placas c1 y c2: 3era repetición del punto 13

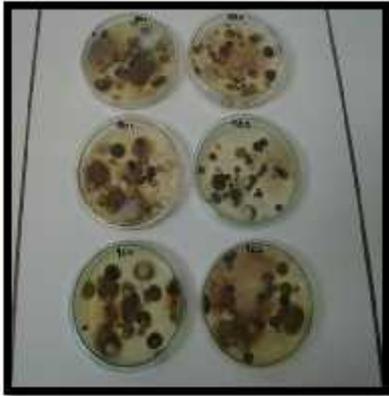
### Ambientes externos



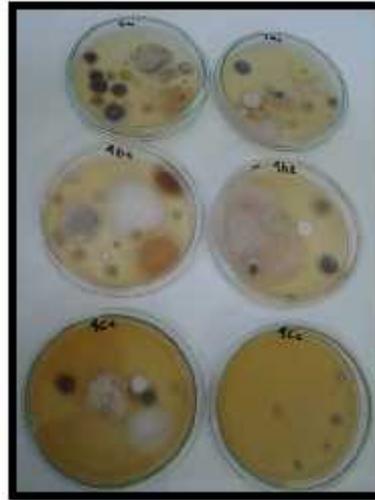
Punto 4: Parte posterior de la BAN el 4to día de muestreo 28/10/2011



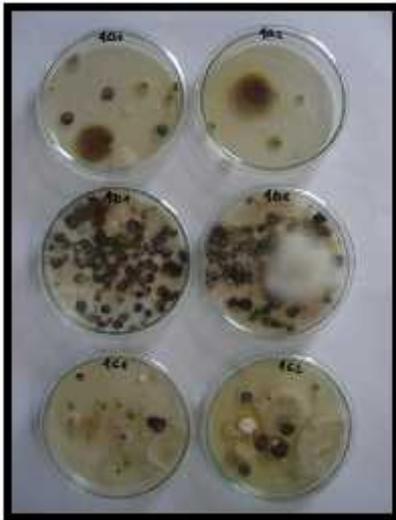
Placas a1 y a2: Primera repetición del punto 4



1er muestro 3/10/2011



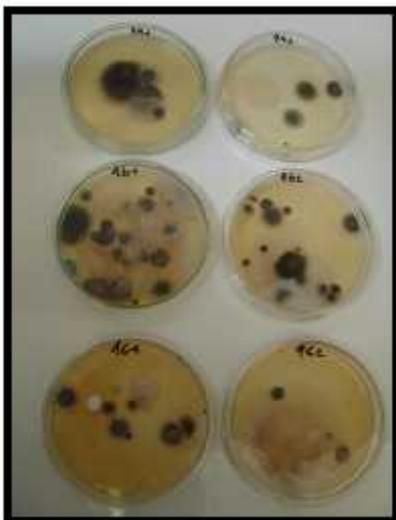
2do muestro 12/10/2011



3er muestro 20/10/2011



4to muestro 28/10/2011



5to muestro 8/11/2011



6to muestro 24/11/2011

Se puede observar en las 6 fotos de arriba, las 2 muestras tomadas y sus 3 repeticiones respectivas para todos los días de muestro en el Punto 1: Parte frontal de la BAN.