

**Estudio micológico del aire en áreas ocupacionales y exteriores de
la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y otras áreas de la
Universidad de San Carlos de Guatemala.**

Herrera K¹, Cobar O², De León J³, García M¹, Boburg S, López R, Marroquín A⁴,
Marroquín M⁵ y Solís E⁴

¹Departamento de Microbiología, ²Departamento de Química Orgánica, Escuela de Química, ³Unidad de
Bioestadística, ⁴Escuela de Química Biológica, ⁵Escuela de Química Farmacéutica,
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Resumen

Hay pocos estudios realizados sobre la aerobiología de los países tropicales y por tanto un vacío de información sobre este tema. El propósito de este estudio fue realizar un análisis de la distribución de hongos microscópicos aerotransportados en la atmósfera en los meses de febrero a agosto del 2008. Se muestrearon ocho locales, de los cuales siete se ubicaron dentro del campus de la Universidad de San Carlos de Guatemala, zona 12 (Laboratorio Microbiológico de Referencia-LAMIR-, Laboratorio de Investigación de Productos Naturales-LIPRONAT-, Decanato, Laboratorio de Alimentos, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas-IIQB-, Rectoría, y Biblioteca Central) y uno se ubicó en el Centro de Información y Atención Toxicológica-CIAT en la antigua Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC, zona 1. Se llevó a cabo un muestreo para la selección de hora de mayor carga fúngica en el aire y los siete muestreos periódicos mensuales. Para los muestreos se utilizó un aeroscopio Eco MAS 100 y agar Sabouraud + NaCl al 7.5 %. El muestreo se llevó a cabo en tres puntos ubicados dentro del local ocupacional y tres puntos ubicados en el área exterior, se obtuvo que un 44% de los puntos muestreados presentaron mayor concentración de colonias emergentes en el aire por la mañana y el 56% restante, presentó la mayor concentración fúngica por la tarde. Los locales que presentaron mayor carga fúngica en el aire a lo largo de este estudio fueron LIPRONAT, el Laboratorio de Alimentos y el IIQB, con valores que ponen en riesgo la salud ocupacional del personal de estos locales y el local que presentó la menor carga fúngica a lo largo de este estudio fue el CIAT. Se aislaron y caracterizaron los géneros fúngicos predominantes en los muestreos según su frecuencia de aparición en cada época (seca y lluviosa), *Cladosporium*, predominó en época seca; *Penicillium*, *Aspergillus* y *Monilia*, predominaron en época lluviosa; Levaduras, *Trichosporum* y *Rhodotorula* predominaron en época seca.

Palabras clave: Aerobiología, hongos microscópicos, carga fúngica, aeroscopio, géneros predominantes, salud ocupacional.

Abstract

There are few studies conducted on the aerobiology of tropical countries; therefore, there is a lack of information on the subject.

The purpose of this study was to conduct an analysis on the distribution of airborne of microscopic fungi in the atmosphere during the months of February through august 2008. Eight places were sampled, seven were located at San Carlos University of Guatemala (Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR-, Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-, Decanato, the Food Laboratory, Instituto de investigaciones Químicas y Biológicas -IIQB-, University direction building and the Central library and the Centro de informacion y atencion toxicological -CIAT-, that was located outside, zone 1.

Samples were taken in order to select the hour with the highest fungical load in the air and seven monthly subsequently samplings were taken.

An Eco MAS 100 aeroscope and Saboraud agar + NaCl 7.5% were used for sampling and in each location three samples were taken.

The results were that 44% of the samples showed higher concentration of emerging colonies during the morning and the 56% of the samples showed higher concentration during the afternoon. The locations with the highest load were LIPRONAT, the food laboratory and IIQB. The values of the measurements showed that these places are biohazard risks. The place with the lowest fungical load in the study was CIAT. The most frequent generas isolated and characterized were *Cladosporium*, it was predominant during dry season, and *Penicillium*, *Asperguillus* and *Monila* were predominant during the rainy day season. Yeast, *Trichosporum* and *Rhodotorula* were predominant during dry season.

Key words: aerobiology, microscopic fungi, fungical load, aeroscope, generas predominant, biohazard risks

Introducción

Los estudios aeromicológicos son necesarios, ya que los hongos representan el grupo más numeroso y sus esporas son las responsables del elevado porcentaje de pacientes sensibilizados a estos aeroalergenos y diagnosticados con problemas de alergia, por lo que se hace necesario conocer la calidad del aire en el ambiente ocupacional de los trabajadores (Harrison, Faragher y Lawton, 1992). Además, las concentraciones de esporas fúngicas van a estar influenciadas por parámetros como la temperatura, humedad, corrientes de aire, precipitaciones y factores como la limpieza, edad y condiciones del establecimiento. Lo cual, debe ser considerado al momento de llevar a cabo el monitoreo microbiológico del aire dentro y fuera de los locales (Medina y Tuozzo, 1999).

Los estudios fisicoquímicos de calidad del aire realizados en el Laboratorio de Monitoreo de Aire del Departamento de Análisis Inorgánico de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala en diferentes puntos de la ciudad de Guatemala, han mostrado un notable incremento en la contaminación ambiental, lo cual es una alerta en el incremento de la contaminación microbiológica del aire, ya que muchos de los compuestos químicos detectados en el aire son utilizados como transporte de las esporas fúngicas y como sustrato para mantenerse viables largos períodos de tiempo, incluso años.

Por lo anterior, se consideró importante realizar un estudio aerobiológico en ocho locales (el Laboratorio Microbiológico de Referencia-LAMIR-, el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales-LIPRONAT, el Decanato, el Laboratorio de Alimentos, el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas-IIQB-, la Rectoría, la Biblioteca Central y el Centro de Información y Atención Toxicológica-CIAT), a través de un proyecto FODECYT. Se observó la influencia de un ambiente sobre otro y los niveles de contaminación en cada uno y su posible incidencia en la salud de quienes desarrollan actividades docentes, de investigación y servicio, con el fin de implementar normas de bioseguridad que ayuden a resguardar la salud ocupacional de los trabajadores y estudiantes.

Se logró la determinación e identificación de la contaminación por hongos microscópicos en estudios aeromicológicos en la Facultad de CC. QQ. y Farmacia y otros puntos de referencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala y una caracterización e identificación de los géneros de hongos microscópicos predominantes en los muestreos. Además, del análisis de factores ambientales como la humedad, temperatura, clima lluvioso o seco, viento, y actividades en cada punto de muestreo.

Materiales y métodos

Localización

En la Ciudad Capital según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- hubo una velocidad de viento promedio de 17.7 kms/hr, una precipitación de 1093.7 mm, la temperatura máxima es de 26.3°C, la temperatura mínima reportada es de 16.4°C, la temperatura máxima absoluta es de 33.0°C, la temperatura mínima absoluta es de 8.0°C y el porcentaje de humedad relativa promedio reportado fue de 78%.

Selección de la hora de muestreo

Se realizó un muestreo mensual durante 7 meses, en las áreas seleccionadas a la hora de mayor índice de contaminación según los resultados que se obtuvieron a lo largo de un muestreo previo de 8 horas, en el horario comprendido de 8:00 am a 4:00 pm. En cada área se escogieron 3 puntos de muestreo. Luego, se determinó la cantidad de Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico de aire (UFC/ m³ de aire), en cada hora muestreada, lo que permitió seleccionar la hora de mayor contaminación por hongos microscópicos en cada área muestreada (Pouch Downes & Ito, 2001).

Muestreo ambiental

Para la toma de muestras de aire se empleó el método volumétrico por impactación utilizando un biocolector. Y se utilizó el medio de cultivo Sabouraud con NaCl al 7.5%. Los puntos de muestreo de ambiente exterior e interior, fueron seleccionados con base a la carga fúngica presente.

Recuento de colonias fúngicas emergentes en las cajas de Petri muestreadas

Se incubaron las cajas de Petri por siete días a una temperatura de 28°C, se realizaron los conteos de las colonias emergentes. El valor que se obtuvo del recuento de colonias está expresado en unidades formadoras de colonias por mililitro de aire (UFC/ml). El valor obtenido se convirtió a UFC/m³ utilizando una tabla de conversión. Luego se realizaron siete muestreos periódicos mensuales en cada área a la hora seleccionada. Además, se realizó el aislamiento de las cepas para su caracterización.

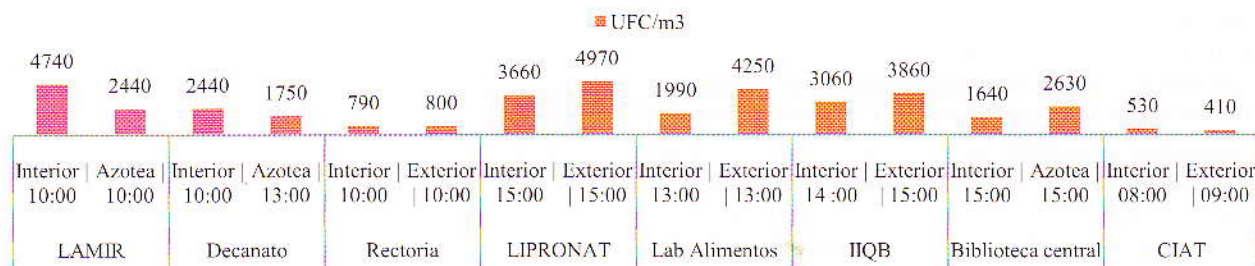
Resultados

Selección de hora de mayor contaminación en locales

En la gráfica No. 1 se presenta la carga fúngica en UFC/m³. Durante el muestreo intradiurno de ocho horas para seleccionar la hora de mayor contaminación en cada uno de los locales. Como se observa en la gráfica, la hora de mayor contaminación seleccionada está indicada por los picos más altos en cada uno de los locales. La mayor carga fúngica en el LAMIR fue a las 10 horas, en el interior se obtuvo 4740 UFC/m³ y en la azotea 2440 UFC/m³. En el Decanato la mayor carga fúngica en el interior

se obtuvo a las 10 horas (2440 UFC/m³) y en el exterior a las 13 horas (1750 UFC/m³). En Rectoría la hora de mayor carga fúngica fue las 10 horas en interior (790 UFC/m³) y exterior (800 UFC/m³). En LIPRONAT, la mayor carga fúngica se obtuvo a las 15 horas en interior (3660 UFC/m³) y exterior (4970 UFC/m³). En el laboratorio de alimentos, la mayor carga fúngica fue a las 13 horas en el interior (1990 UFC/m³) y exterior (4250 UFC/m³). En el IIQB se observó la mayor carga fúngica a las 14 horas en el interior (3060 UFC/m³) y a las 15 horas en el exterior (3860 UFC/m³). Con respecto a la Biblioteca Central, la mayor carga fúngica se obtuvo a las 15 horas en el interior (1640 UFC/m³) y en el exterior (2630 UFC/m³). Por último se observa que la hora de mayor carga fúngica en el CIAT se observó a las 8 horas en el interior (530 UFC/m³) y a las 9 horas en el exterior (410 UFC/m³).

Gráfica 1. Horas seleccionadas de mayor carga fungica en UFC/m³ por ambiente de los diferentes locales muestreados



Fuente: Datos generados por el proyecto.

Muestras periódicas

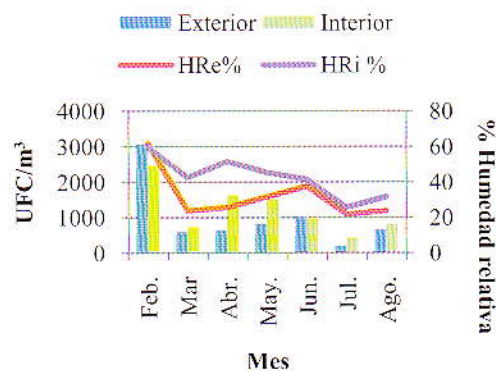
Temperatura

El comportamiento de la temperatura medida en grados Celcius ($^{\circ}\text{C}$) en el ambiente interior y exterior a lo largo de los muestreos periódicos llevados a cabo en cada punto muestreado en el periodo de febrero a agosto del 2008 (tablas 1 y 2).

Conteos de muestreos periódicos y su relación con el porcentaje de humedad relativa registrados en cada ambiente de los diferentes locales muestreados.

En la gráfica 2 se observa que en el LAMIR, en febrero, se presentó la máxima carga contaminante, tanto en el ambiente interior (2460 UFC/m^3) como exterior (3100 UFC/m^3). También el porcentaje de humedad relativa fue más alto en febrero respecto a los otros meses. En el interior, en abril se registró un conteo elevado de hongos microscópicos, y de mayo a julio los valores fueron disminuyendo, lo cual concuerda con el descenso de la humedad relativa. En el exterior se observó lo contrario, ya que en abril, se registró una baja carga fúngica, la cual fue aumentando en mayo y junio, a medida que la humedad relativa aumentó.

Gráfica 2. Relación entre la carga fúngica en el aire y la humedad relativa en el interior y exterior del LAMIR.

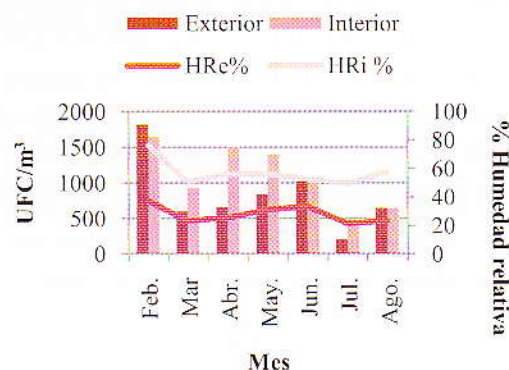


Fuente: Datos generados por el proyecto.

La gráfica 3 presenta los resultados de los muestreos en el Decanato; se observa que en febrero se encontró la mayor contaminación en el interior, con 1660 UFC/m^3 y en el exterior con 1830 UFC/m^3 , también el porcentaje de humedad relativa fue mayor que en los otros meses. En el exterior la contaminación fue

aumentando de abril a junio y disminuyó en el interior en el mismo periodo. En julio, la contaminación descendió en ambos ambientes.

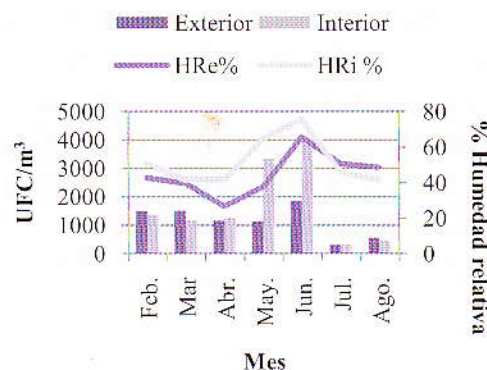
Gráfica 3. Relación entre la carga fúngica en el aire y la humedad relativa en el interior y exterior del Decanato.



Fuente: Datos generados por el proyecto.

La máxima humedad relativa registrada en el interior del IIQB (gráfica 4), se presentó en junio y se obtuvo una cantidad de 4050 UFC/m^3 la mayor reportada para este ambiente. Así mismo, fue en junio cuando se registró el mayor conteo de colonias fúngicas (1880 UFC/m^3) en el exterior, además se determinó el porcentaje de humedad relativa más alto (66% exterior y 76% interior) de todos los muestreos. También, se observa que en mayo, en el interior se registró el segundo valor más alto de contaminación por hongos microscópicos. En julio disminuyó la contaminación.

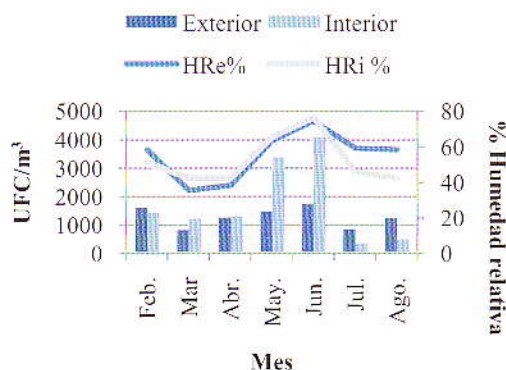
Gráfica 4. Relación entre la carga fúngica en el aire y la humedad relativa registrada en el interior y exterior del IIQB.



Fuente: Datos generados por el proyecto.

En el LIPRONAT, la mayor contaminación interior (4050 UFC/m^3) se reportó en junio, y se registró el máximo conteo (1710 UFC/m^3) en el exterior (gráfica 5). Puede observarse que la humedad relativa en los meses muestreados es muy parecido tanto en interior como en exterior. En febrero el porcentaje de humedad fue levemente alto en interior y exterior (51% y 58%) respectivamente, lo cual favoreció el crecimiento de los hongos microscópicos. En mayo la humedad fue mayor e influyó en la elevada carga fúngica. Pero fue en junio cuando se registró la mayor contaminación, la cual se vio favorecida con el aumento de la humedad relativa (74% en el exterior y 76% en el interior).

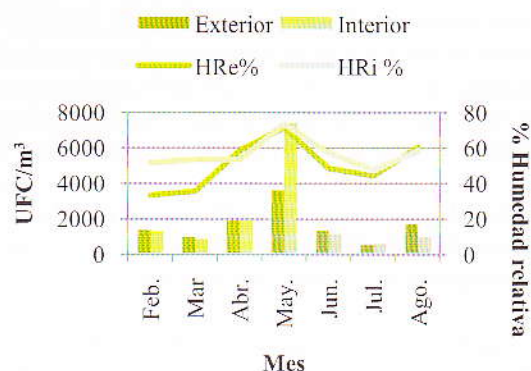
Gráfica 5. Relación entre la carga fúngica en el aire y la humedad relativa en el interior y exterior del LIPRONAT.



Fuente: Datos generados por el proyecto.

La gráfica 6 muestra que en el Laboratorio de Alimentos, la máxima contaminación fúngica se encontró en mayo. En el interior, la carga fúngica fue de 7370 UFC/m^3 , y en el exterior fue de 3580 UFC/m^3 , además, la humedad relativa fue mayor con respecto a los otros meses muestreados. Se puede observar, que la contaminación se incrementó en la medida que la humedad relativa se elevó y viceversa.

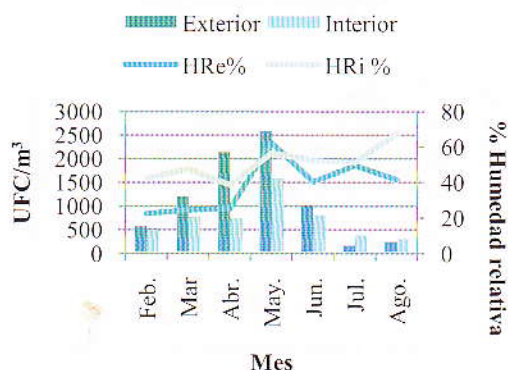
Gráfica 6. Relación entre la carga fúngica en el aire y la humedad relativa en el interior y exterior del Lab. de alimentos.



Fuente: Datos generados por el proyecto.

En la gráfica 7 se observa que la Biblioteca Central registró la mayor carga fúngica en mayo. En el exterior se reportó una carga de 2570 UFC/m^3 , y en el interior, fue de 1570 UFC/m^3 . La humedad relativa también fue la más alta. La contaminación interior y exterior fue aumentando cada mes hasta llegar a su punto máximo en mayo, y después comenzó a descender los últimos tres meses de muestreo.

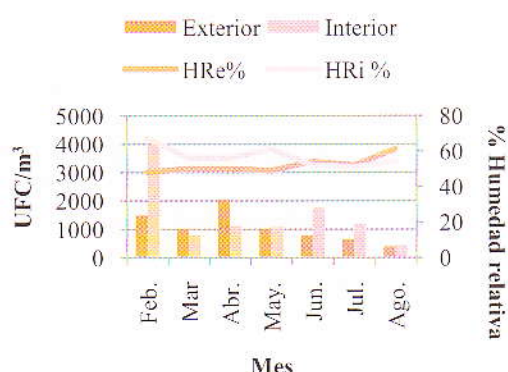
Gráfica 7. Relación entre la carga fúngica en el aire y la humedad relativa en el interior y exterior del Biblioteca Central.



Fuente: Datos generados por el proyecto.

En la gráfica 8 se observa que la mayor contaminación el interior de la Rectoría, se presentó en febrero (1480 UFC/m³), cuando la humedad relativa fue mayor. Sin embargo, la mayor contaminación exterior se registró en abril (2040 UFC/m³). La menor contaminación se reportó en agosto.

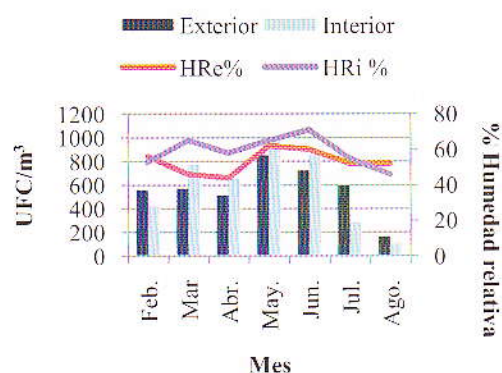
Gráfica 8. Relación entre la carga fúngica en el aire y el porcentaje de humedad relativa en el interior y exterior de Rectoría.



Fuente: Datos generados por el proyecto.

En el CIAT, la carga fúngica en el aire exterior no registró variantes mayores en los primeros tres meses muestreados (febrero-abril), en los siguientes tres meses (mayo-julio) se registró mayor humedad relativa, así también la carga fúngica aumentó. La mayor carga por hongos microscópicos fue en mayo con 850 UFC/m³. En el interior, la mayor contaminación fue de 1810 UFC/m³, también en mayo (gráfica 9).

Gráfica 9. Relación entre la carga fúngica en el aire y el porcentaje de humedad relativa en el interior y exterior del CIAT.



Fuente: Datos generados por el proyecto.

En la tabla 3, se muestran los géneros fúngicos que predominaron, entre estos está *Cladosporium*. Este tuvo mayor incidencia en la época seca a pesar de ser el género predominante en ambas épocas, seguido por *Penicillium* quien tuvo mayor predominancia en época lluviosa al igual que *Aspergillus*. *Trichosporum* y *Rhodotorula* son los dos géneros de levaduras que tuvieron a su vez predominancia en época seca.

La tabla 4 muestra los géneros fúngicos de menor frecuencia de aparición expresados en UFC/m³. Se puede observar que no todos estuvieron presentes en ambas épocas del año, ya que según los cambios físicos como temperatura, humedad relativa, luz y actividad del agua en cada mes, así varió la frecuencia de aparición de cada género.

Análisis estadístico:

Se llevó a cabo el análisis estadístico de los datos utilizando un análisis de varianza de entrada múltiple. Las covariables fueron: local, ambiente que se refiere a si se muestreó en el interior de la instalación o en el exterior y por último al mes del año en que se muestreo. Como se puede observar en la tabla 4 hubo una diferencia significativa entre los diferentes locales muestreados y entre los meses en los que se llevó a cabo el estudio, ya que se obtuvieron valores menores de 0.05 en ambos casos, no siendo así entre los ambientes, donde se obtuvo un valor mayor de 0.05 con lo cual se muestra que no hubo diferencia significativa (tabla 4).

Discusión de Resultados

En la selección de la hora de muestreo se observó que la concentración total de hongos viables en el aire varía durante las horas muestreadas en los diferentes locales, observándose que el 44% de los puntos muestreados (LAMIR, Azotea, Rectoría interior, Azotea, Rectoría exterior, CIAT interior y CIAT exterior), presentaron mayor concentración de colonias emergentes en horas de la mañana, y el 56% restante, presentó la mayor concentración fúngica en horas de la tarde.

En pequeñas zonas climáticas (como son las áreas de estudio ubicadas en el exterior) la variación de las esporas del aire depende de la cantidad y tipo

de vegetación, el microambiente local y la actividad humana (Lacey, 1981). Además, de estos factores las esporas fúngicas ambientales están presentes de una manera amplia y en mayor concentración que los granos de polen. Las esporas fúngicas son componentes normales de ambientes externos. Aunque el aire de muchos ambientes internos también contiene esporas, en donde se introduce generalmente la contaminación proveniente de los ambientes exteriores, ya que actualmente, se conoce que el aire presente en los ambientes exteriores puede ser la fuente de esporas fúngicas contaminantes de los ambientes internos (Bueno, Silva y Oliver, 2003).

Guatemala tiene un clima templado y la carga fúngica presente en ambientes interiores coinciden con los valores establecidos para climas tropicales, ya que en ambiente interior se tienen valores a partir de 440 UFC/m³, el cual es menor al límite establecido para países tropicales y en el exterior se tiene una carga fúngica presente en el aire a partir de 220 UFC/m³.

La carga fúngica en el LAMIR se comportó entre 220-3100 UFC/m³ de aire, correspondiendo el valor más bajo al mes de julio con un porcentaje de humedad relativa del 22% y el más alto febrero con un porcentaje de humedad relativa del 62%, perteneciendo ambos valores al ambiente exterior. Lo que coincide con la tendencia de que a mayor humedad relativa se obtuvo una mayor carga fúngica en el aire.

Klanova en el 2000, estableció que la concentración de hongos en ambientes internos por encima de 2000 UFC/m³ de aire puede ser considerada como un factor de riesgo serio para la salud de los ocupantes. Por otra parte EIHA en el 2004, plantearon que concentraciones por encima de 1000 UFC/m³ de aire pueden implicar afectaciones a la salud. Si se aplican los criterios anteriores a los resultados se puede decir que se reportaron tres meses (febrero, abril y mayo), en los cuales los niveles detectados pueden implicar afectaciones a la salud del personal, de este laboratorio. En el ambiente exterior se registró en junio un incremento en la humedad relativa al igual que en mayo y julio. La disminución de la carga fúngica pudo deberse al cambio de temperatura, el viento y las lluvias, entre otros factores físicos.

Un factor importante en la contaminación fúngica en el interior de LAMIR es el tipo de ventilación con dos ventanas de paletas de vidrio con orientación hacia un área verde y se abren pocas veces por

semana por el tipo de trabajo microbiológico que se realiza. Motivo por el cual, la recirculación de aire no es continua, provocando que el aire que entra del exterior, no salga, por completo y se quede dentro del laboratorio incrementando en la contaminación.

La carga fúngica en el Decanato se registró entre 220-1830 UFC/m³ de aire, correspondiendo el valor más bajo a julio y el más alto a febrero, ambos en el exterior, lo que coincide con las tendencias de que a mayor porcentaje de humedad relativa se obtuvo una mayor carga fúngica.

Considerando los criterios de límites de hongos microscópicos para climas tropicales, en el Decanato se obtuvieron valores que están por debajo de los límites permisibles para climas tropicales. Se deduce que cuatro meses (febrero, abril, mayo y junio), presentaron una carga fúngica que puede implicar afectaciones a la salud del personal estable en ese lugar.

De marzo hasta agosto, los niveles de contaminación fúngica en el interior fue mayor o igual a la carga fúngica obtenida en el exterior, lo cual pudo deberse a la liberación constante de contaminantes microbiológicos del personal de trabajo o en tránsito, el material de trabajo, los equipos de trabajo, la metodología de limpieza, así como la periodicidad de la misma y la influencia que ejerce el exterior sobre el ambiente interior, puesto que entre ellos existe diferencia significativa, lo cual indica una contaminación cruzada entre ambos.

La influencia que ejerce el ambiente exterior sobre el interior es de suma importancia, ya que la ventilación es por medio de ventanas con paletas de vidrio que se mantienen abiertas durante toda la jornada laboral, y están ubicadas hacia un parqueo, donde hay emisión de gases, posibles transportadores de microorganismos. A esto se le puede agregar, que el local tiene una pared de madera en la cual se dificulta la limpieza y hay acumulación de polvo. Estos factores son las principales causas de la contaminación cruzada de ambos ambientes.

Para el IIQB se presenta la gráfica 4 y se observa que de febrero hasta abril (época seca) la contaminación se mantuvo sin variaciones mayores. En febrero se registraron lluvias leves aisladas pero no afectaron la carga fúngica en este punto. En estos tres meses no hubo diferencia mayor entre el ambiente interior y el exterior.

En mayo y junio se inició la época lluviosa y con ella un incremento en la contaminación fúngica del interior y exterior. Esta área de muestreo registró una diferencia significativa entre ambos ambientes, sin embargo en el interior la contaminación es mayor que en el exterior debido a factores humanos, ya que el tránsito de personas es abundante y en época lluviosa se arrastran más contaminantes a través de los zapatos.

En julio hubo un descenso significativo en la contaminación fúngica del aire, lo cual se debió a la disminución de las lluvias, provocando variación en la temperatura como se observa en las tablas 1 y 2. También disminuyó la humedad relativa como se puede observar en la gráfica 4. A diferencia de agosto que estuvo influenciado por un fenómeno meteorológico (canícula), variaciones en la temperatura y en la humedad relativa, factores que inciden en la diseminación de las esporas fúngicas.

Los niveles de contaminación fúngica en el aire del LIPRONAT oscilaron entre 330-4050 UFC/m³. Como se observa en la gráfica 5, la mayor carga fúngica en el interior y exterior se presentó en mayo. También se reportaron valores elevados de humedad relativa. Se puede decir que la humedad influyó en el nivel de carga fúngica la más alta reportada. Los resultados obtenidos están en un rango de carga fúngica propios de un país con clima tropical (Rojas y Martínez, 2000).

Según los criterios aplicados de Klanova (2000) y EIHA (2004) para este laboratorio en febrero, marzo, abril, mayo y junio suponen un riesgo para la salud del personal.

En febrero, (gráfica 5) se registraron valores altos de carga fúngica, lo cual, se debió a la elevada humedad relativa a causa de las lluvias dispersas. En marzo disminuyó la carga fúngica en el interior y exterior por el cambio en la humedad relativa. Sin embargo, en el interior se observó mayor carga fúngica, por factores propios al trabajo que se realiza en este laboratorio.

En abril aumentó la carga fúngica bajó por la estabilización del clima (tablas 1 y 2). En mayo aumentó la humedad relativa lo que incrementó la carga fúngica registrada. En junio, la carga fúngica fue la más elevada para este laboratorio. Esto se debe al incremento en la humedad relativa del aire,

al tránsito del personal y a la materia vegetal que ingresó al laboratorio (gráfica 5).

En julio hubo un descenso en la carga fúngica, siendo los valores más bajos para este laboratorio. Esto se debe a la disminución en la humedad relativa, así como del tránsito de personal y a la limpieza que se llevó a cabo dos días antes de la realización del muestreo. En agosto se incrementó la carga fúngica a causa del incremento en la humedad relativa.

La carga fúngica en del Laboratorio de Alimentos (tabla 14) varió de 520 UFC/m³ a 7370 UFC/m³ de aire. En febrero hubo una elevada carga fúngica a pesar de no tener en el exterior valores elevados de humedad relativa (gráfica 14). Pero en el interior si se reportó una elevada humedad relativa. Esta variación se debe a la presencia de lluvias aisladas, a pesar de muestrear en época seca, las que provocaron cambios en la temperatura y humedad.

En marzo disminuyó la carga fúngica debido a que se inició la época seca, hubo un cambio en el clima que afectó la diseminación de los hongos microscópicos en el aire a pesar de haber un incremento en la temperatura (tablas 1 y 2) y en el porcentaje de humedad, el cual en el interior aumentó a un 53% (gráfica 6) y en el exterior a un 35%. Esto no cumple con el comportamiento que se había estado presentando en las demás áreas y lo encontrado en otros estudios, este efecto lo pueden ocasionar los bioaerosoles, ya que son los mayores propagadores de hongos en el aire transportándolos de un lugar a otro influyendo la calidad del aire interior que depende de diferentes factores, como tipos de actividades y procesos de cada área.

La mayor carga fúngica se presentó en mayo cuando también la humedad fue más alta. La calidad del aire es un factor importante para la salud ambiental y humana, y esta está relacionada entre otros con la carga fúngica presente. Este puede ser un factor de riesgo para la salud del personal administrativo y estudiantil que trabaja en el laboratorio (Reynolds, Streifel & Mc Jilton, 1990).

En junio y julio disminuyó la lluvia, por lo que la contaminación fúngica se mantuvo relativamente constante, luego en agosto disminuyó la precipitación, por la canícula y esto provocó un ligero aumento de la carga fúngica y la temperatura (tablas 1 y 2).

La Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala presentó una carga fúngica de 160-2570 UFC/m³ en el exterior y de 290-1570 UFC/m³ en el interior. Las esporas fúngicas se consideran componentes ambientales de las bibliotecas, y pueden causar biodeterioro de libros y material audiovisual (Medina y Tuozzo, 1999).

En febrero la humedad relativa para el exterior fue más baja para la Biblioteca. En el interior la humedad relativa fue más elevada lo cual se debe a que con el almacenamiento de libros se incrementan los porcentajes de humedad.

En marzo y abril (época seca) se incrementó la humedad relativa y la carga fúngica. En marzo hubo mayor carga fúngica en el interior que en abril, ya que se tuvo mayor porcentaje de humedad relativa (gráfica 15). En el exterior el comportamiento fue exponencial hasta mayo cuando se obtuvo en ambos ambientes la carga fúngica más elevada de los siete muestreos realizados.

En mayo con el inicio de las lluvias, la contaminación se incrementó, ya que en los zapatos se arrastra contaminación. También se incrementó la contaminación por el viento ocasionado por las lluvias.

En junio bajó la humedad relativa provocó un descenso en la carga fúngica de ambos ambientes. La contaminación por hongos siguió elevada (gráfica 7), ya que la acumulación de libros incrementó la humedad relativa (Medina y Tuozzo, 1999).

En agosto disminuyeron las lluvias, pero se incrementó la humedad relativa del interior, sin embargo, la carga fúngica bajó en el interior con respecto a los meses anteriores. En el exterior se observó un comportamiento diferente, se registró una disminución en la humedad relativa (gráfica 7). Sin embargo, se incrementó la carga fúngica, debido a las corrientes de aire que arrastraron mayor cantidad de microorganismos dispersos en el aire.

En la rectoría los niveles de carga fúngica fueron entre 390-4,000 UFC/m³ de aire, el valor más bajo fue en agosto y el más alto fue febrero.

En febrero hubo una carga fúngica elevada. En el ambiente interior se tuvo el valor más alto de

humedad relativa (67%) y el más alto de carga fúngica presente en el aire (4,000 UFC/m³). Esto se debe a la relación directa entre la humedad relativa con la carga fúngica y al tránsito del personal.

En marzo (gráfica 8) se registró un descenso en la carga fúngica tanto en el interior como en el exterior, lo cual se debió al cambio de clima de lluvias dispersas a clima seco. Esto no favoreció de forma temporal la esporulación de los hongos microscópicos, pues abril se registró un incremento en la carga fúngica tanto en el interior como en el exterior. En el interior se mantuvo constante la humedad (56%) y hubo un incremento de la contaminación. La contaminación elevada es por factores como la estacionalidad, la humedad, el viento, la pluviosidad y el sustrato orgánico (Horner, Hebling, Salvaggio & Lehrer, 1995).

En mayo la carga fúngica disminuyó. En el exterior pudo ser a causa de la disminución en la humedad relativa y de las ráfagas de viento registradas en ese mes. Sin embargo, en el interior se incrementó la humedad relativa a 61% y disminuyó la carga fúngica presente, en lo cual influyó la mejor ventilación, ya que durante este muestreo permanecieron las dos puertas de vidrio abiertas provocando una recirculación del aire dentro del local y esto logró una disminución en la carga fúngica.

En junio disminuyó la carga fúngica en el exterior, esto debido a la estabilización del clima. En el interior se registró un descenso en la humedad relativa y un incremento en la carga fúngica debido a la poca periodicidad de limpieza y la poca efectividad de la misma, así como al incremento notable de personal de tránsito y a la poca recirculación de aire.

En julio hubo una disminución en la carga fúngica. En esto influyó la disminución de la humedad relativa y la disminución de las lluvias. Se favoreció el descenso en la humedad relativa por el cambio del clima.

En agosto con la presencia de la canícula, se obtuvo una disminución en la carga fúngica del exterior, a pesar de que la humedad relativa alcanzó su valor más alto. El interior se vio afectado a su vez por este fenómeno externo, pero en menor proporción, ya que se incrementó un 3% del valor reportado en julio y disminuyó la carga fúngica; debido al cambio de clima que afectó el muestreo.

El CIAT presentó una carga fúngica de 160-850 UFC/m³ en el exterior y de 110-1010 UFC/m³ en el interior, corresponden estos valores al más bajo y el más alto en cada uno de los ambientes al mes de agosto (gráfica 9) y los valores más altos corresponden a mayo.

En febrero se registró una carga fúngica intermedia, debido a las lluvias dispersas que se presentaron, así como a la temperatura que se reportó (tablas 1 y 2). En marzo no se registraron lluvias y se tuvo un incremento en la carga fúngica. Pero se observó un incremento en la humedad relativa interior, que favoreció la propagación y germinación de las esporas fúngicas.

En mayo se registró la carga fúngica más elevada para este laboratorio, en esto influyó la lluvia que favoreció la esporulación de los hongos microscópicos (gráfica 9).

En junio disminuyó la humedad relativa exterior (gráfica 9), y esto contribuyó a la baja en la carga fúngica. En el interior la carga fúngica disminuyó y aumentó la humedad relativa posiblemente fue porque se esparció agua para limpiar en la entrada de este local y ocurrió cerca del lugar de donde se colocó el higrómetro.

En julio disminuyó la carga fúngica en el exterior debido a la baja de la humedad. Además, hubo un descenso en la carga fúngica interior, debido al aire acondicionado del laboratorio y esto provocó una disminución en la temperatura y la humedad relativa, influyendo la carga fúngica (tablas 1 y 2).

En agosto hubo un descenso en la carga fúngica, esto por la canícula y el aire acondicionado, incidiendo en la esporulación fúngica (gráfica 9).

Al aplicar los criterios de Klanova (2000) y EIHA (2004), se encuentra que en mayo se tuvo una carga fúngica de 1010 UFC/m³, lo que implica un riesgo para la salud ocupacional de las personas que laboran en el laboratorio.

Alrededor de 20% a 30% de las enfermedades respiratorias se deben a la contaminación del aire en exteriores e interiores, especialmente en los últimos. Se puede decir que sin aire limpio, es prácticamente imposible lograr un desarrollo económico firme (OMS, 1997).

Los resultados obtenidos demuestran la existencia de hongos filamentosos y levaduras como contaminantes del ambiente, se obtuvo un listado de los géneros encontrados con mayor frecuencia de aparición que incluye a *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Monilia*, *Trichosporum* y *Rhodotorula* entre otros, como géneros predominantes a lo largo de todo el estudio se presentan en el orden de frecuencia de aparición (tabla 5). Estos resultados coinciden con los obtenidos en un estudio realizado por Rosas y Calderón (1997) en diferentes zonas de urbanización de México y otro en el ambiente de la Unidad de Cuidados Especiales de un hospital en Austria (Rainer, Peintner & Poder, 2000).

Entre estos géneros el que posee la mayor frecuencia de aparición es *Cladosporium*, género cosmopolita saprófito, patógeno de plantas y con una gran importancia por su capacidad para producir trastornos alérgicos en el hombre y diversas patologías en cultivos, además de su elevada concentración, la cual podría potenciar la respuesta inmunológica de aquellas personas sensibles a otros géneros fúngicos patógenos oportunistas como son *Penicillium* y *Aspergillus*. Los resultados obtenidos para el género *Cladosporium* coinciden con lo planteado por Bartra (2003), ya que las cantidades exteriores de este género fueron altas durante el verano y se redujeron durante el invierno. De *Cladosporium* se identificaron tres especies *C. cladosporoides*, *C. herbarum* y *C. elatum*, las cuales producen trastornos respiratorios y alérgicos (García y Uruburu, 2000).

Por último, se encuentran las levaduras como *Candida albicans* y *Rhodotorula* (Suárez y Lancha, 2004), reportadas en porcentajes menores al 1%.

Se caracterizaron veintidós géneros fúngicos en el aire de las dieciséis áreas muestreadas. Estos son considerados patógenos oportunistas en su mayoría, pues algunas especies de estos géneros se consideran patógenas como es el caso de *Bipolaris spicifera*, hongo capaz de ocasionar daño a pacientes inmunocomprometidos e inmunocompetentes. En esta característica radica la importancia de este estudio, donde se determinó la carga fúngica presente en cada ambiente, lo cual permitió determinar que los ocho locales muestreados se encuentran en riesgo para la salud ocupacional como consecuencia de los altos niveles de contaminación. La diversidad y frecuencia de aparición de los géneros fúngicos

aislados en los locales se reflejó en la estadística, que no reportó una diferencia significativa en los dos diferentes ambientes (tabla 4). Con lo cual se concluye que no existe una influencia microbiológica del exterior sobre el interior y viceversa.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, -SENACYT- el financiamiento del proyecto FODECYT 40-07 y la colaboración del Laboratorio de Alimentos, la Biblioteca Central, del Centro de Aprendizaje y Asesoría Toxicológica, del Instituto de Investigación de Química Biológica, el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales, del Laboratorio Microbiológico de Referencia, del Decanato de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, así como a Rectoría de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Referencias

- Bueno, D.; Silva, J. y Oliver, G. (2003). Hongos ambientales en una biblioteca: un año de estudio. *Anales de documentación* N6. p. 27-34.
- Eagle Industrial Higiene Associates. (2004) Microbial Sampling and Analysis: molds and bacteria. <http://www.eagleih.com/micro.html>. Autor.
- García, M. y Uruburu, F. (2000). La conservación de cepas microbianas. *Actualidad SEM*; 30:12-6.
- Harrison, J; Faragher E y Lawton L. (1992). An investigation of the relationship between microbial and particulate indoor air pollution and the sick building syndrome. *Respire Med*; 86: 225-35.
- Horner, W; Helbling A; Salvaggio J. y Lehrer S. (1995). Fungal allergens. *Clin Microbiol Rev* 8: 161-79.
- Klanova, K. (2000). The concentrations of mixed populations of fungi in indoor air: rooms with and without mould problems rooms with and without health complaints. *Cent. Eur. J. Public. Health*. 8: 59-61.
- Lacey, J. (1981). *Biology of Conidial Fungi*. Academic Press. Vol.1:376.
- Medina, L. y Tuozzo. R. (1999). Estudio de hongos en bibliotecas de la universidad de Carabobo-Valencia. Vol. 3, No. 1; 1-17.
- Organización Mundial de la Salud. (1997). Guía para la calidad del aire. Trad: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Ginebra Suiza. Autor.
- Pouch Downes, F & Ito, K. eds. (2001). *Compendium of Methods for The Microbiological Examination of Foods*. American Public Health Association. Washington.
- Rainer J; Peintner U. y Pöder R. (2001). Biodiversity and concentration of airborne fungi in a hospital environment. *Mycopathologia*. 149:87-97.
- Reynolds, S; Streifel, A. y Mc Jilton, C. (1990). Elevated airborne concentrations of fungi in residential and office environments. *American Industrial Association Journal*, Vol. 51, pp. 601-604.
- Rojas, T. y Martínez E. (2000). Monitoreo microbiano del aire: Criterios metodológicos. Contribución a la educación y protección ambiental. Vol. 1: 110-115. VI Taller de la Cátedra de Medio Ambiente.
- Rosas, I.; Calderón, C.; Martínez, L.; Ulloa, M. y Lacey, J. (1997). Indoor and outdoor airborne fungal propaule concentration in Mexico City. *Aerobiología*, 13: 13-23.
- Suárez, V. y Lancha, M. (2004). Identificación de levaduras de exudados vaginales; características clínicas asociadas a la candidiasis. Universidad de Carabobo Núcleo Aragua. Venezuela. Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kouri". *Rev Cubana Med Trop* vol.56 no.1 Ciudad de la Habana.

Anexos

Tabla 1. Temperatura en grados Celcius (°C) en el interior de cada uno de los locales muestreados.

Local	Mes						
	Feb	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ago
LAMIR	26	25	26	25	23	24	25
Decanato	27	26	26	25	24	23	24
IIQB	29	27	27	26	28	26	23
LIPRONAT	25	25	26	24	26	23	24
Laboratorio de alimentos	24	26	26	27	25	23	26
Biblioteca central	24	26	25	26	25	24	28
Rectoría	26	25	25	25	23	23	23
CIAT	24	26	24	24	26	23	22

Fuente: Datos generados por el proyecto

Tabla 2. Temperatura en grados Celcius (°C) registrada en el exterior de cada uno de los locales muestreados.

Local	Mes						
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
LAMIR	28	24	25	26	25	23	22
Decanato	28	26	27	26	25	23	24
IIQB	28	28	25	27	31	27	25
LIPRONAT	29	26	26	30	21	24	24
Laboratorio de alimentos	22	25	28	28	22	22	27
Biblioteca central	28	31	32	24	27	26	27
Rectoría	20	24	27	27	28	27	29
CIAT	25	26	24	25	25	22	23

Fuente: Datos generados por el proyecto

Tabla 3. Géneros fúngicos predominantes durante la época seca y lluviosa en UFC/m³, durante los siete muestreos.

Género	Estación seca	Estación húmeda
<i>Cladosporium</i>	45677	40443
<i>Penicillium</i>	8101	21486
<i>Aspergillus</i>	2084	4376
<i>Moniliales</i>	1115	2010
<i>Levaduras</i>	345	184
<i>Trichosporum</i> (Levadura)	315	174
<i>Rhodotorula</i> (Levadura)	278	59

Fuente: Datos generados por el proyecto.

Tabla 4. Análisis de varianza de entrada múltiple de UFC/m³ en los locales muestreados.

Variable	p - value
Local	0.0072
Ambiente	0.5469
Mes	0.0000

Fuente: Datos experimentales obtenidos para este estudio.

Tabla 5. Géneros fúngicos aislados con menor frecuencia en los muestreos periódicos en UFC/m³

Género	Estación seca	Estación lluviosa
<i>Alternaria</i>	0	79
<i>Bipolaris</i>	0	63
<i>Chalara</i>	0	10
<i>Epidermophyton</i>	5	2
<i>Fusarium</i>	26	50
<i>Paecilomyces</i>	25	6
<i>Pestalotiopsis</i>	0	30
<i>Phialophora</i>	5	0
<i>Rhizomucor</i>	8	3
<i>Rhizopus</i>	10	33
<i>Scopulariopsis</i>	2	43
<i>Syncephalastrum</i>	61	118
<i>Trichophyton</i>	2	1
<i>Trichotecium</i>	0	46
<i>Verticillium</i>	15	6
No identificados	1554	1639

Fuente: Datos generados por el proyecto.