VOL. 22 No 1 REVISTA CIENTÍFICA
AÑO 2012
ISSN: 2070-8246 ISSN-e: 2224-5545

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Revista Científica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Impacto de la calidad microbiológica del aire externo en el ambiente interno de cuatro laboratorios de instituciones públicas en la ciudad de Guatemala y Bárcenas, Villa Nueva

Herrera, K[1]., Cóbar, O[2]., De León, J[3]., Rodas, A[4]., Boburg, S[5]., Quan, J[5].,Pernilla, L[5]., Mancilla, C[5] y Gudiel, H[6].

[1]Departamento de Microbiología, [2]Departamento de Química Orgánica, Escuela de Química, [3]Unidad de Bioestadística, [4]Programa de EDC, [5]Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
[6] Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), Municipalidad de Guatemala.

DOI: https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v22i1.120

Licensia: CC-BY 4.0

Resumen

Se monitoreó la calidad microbiológica del aire de cuatro laboratorios microbiológicos, tres ubicados en la ciudad capital, - el Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), Laboratorio de Análisis Fisicoquímico y Microbiológico (LAFYM), Laboratorio de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) - y uno en el municipio de Villanueva - Laboratorio de la Autoridad en el Manejo Sustentable del Lago de Amatitlán (AMSA)-. Los resultados se obtuvieron por medio del método volumétrico por impactación, utilizando un biocolector en un muestreo mensual durante los meses de octubre de 2,008 a marzo de 2,009. El laboratorio que presentó mayor carga fúngica en el aire interior fue EMPAGUA (8100 UFC/m^3), mientras que en el aire exterior fue el laboratorio de AMSA (14460 UFC/m^3). El laboratorio de AMSA presentó la mayor contaminación bacteriana tanto en el ambiente interior como en el exterior (2630 UFC/m^3 y 6780 UFC/m^3respectivamente). Estos valores presentan riesgo sobrepasan la norma aplicada por la OSHA para carga fúngica (2000 UFC/m^3) y bacteriana (1000 UFC/m^3). Se identificaron 17 géneros fúngicos de los cuales *Cladosporium*, *Penicillium* y *Aspergillus* predominaron, y se aislaron y caracterizaron 40 géneros bacterianos de los cuales *Staphylococcus* y *Bacillus* fueron los predominantes.

Palabras clave:Aerobiología, calidad microbiológica del aire, carga bacteriana, carga fúngica, aeroscopio.

Impact of the microbiological quality of external air on the internal environment of four laboratories of public institutions in Guatemala City and Bárcenas, Villa Nueva

Abstract

A research regarding the microbiological air quality was done in four laboratories, three of them were located in Guatemala city - Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), Laboratorio de Análisis Fisicoquímico y Microbiológico (LAFYM), Laboratorio de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) -and one in the town of Barcenas Villa Nueva - Laboratorio de la Autoridad en el Manejo Sustentable del Lago de Amatitlán (AMSA) -. The results were obtained using the volumetric method by impaction using a monthly sampling biocolector in the months October 2,008 to March 2,009. The highest fungal load in the indoor environment was presented by the laboratory of EMPAGUA (8100 UFC/m3), meanwhile in the outdoor environment was the AMSA laboratory (14460 UFC/m^3). The AMSA laboratory showed the highest bacteriological load, both indoor and outdoor (2630 UFC/m^3 and 6780 UFC/m^3 respectively). This values were found to be over the regulation applied by the OSHA for the fungical load (2000 UFC/m^3) and the bacterial load (1000 UFC/m^3).Seventeen fungal genera were isolated and characterized; *Cladosporium*, *Penicillium*and *Aspergillus* dominated in the course of the six monthly samplings, and 40 bacteriological genera were isolated and characterized: *Staphylococcus* and *Bacillus* were the dominating genera.

Key Words**:** Aerobiology, Microbiological air quality, bacterial load, fungical load, aeroscope

Introducción

La atmósfera no tiene una microbiota autóctona, pero es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos (bacterias, virus y hongos), procedentes de otros ambientes. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y permanencia. Los microorganismos en el aire tienen una gran importancia biológica y económica. Producen enfermedades, causan alteración de alimentos y materiales orgánicos, y contribuyen al deterioro y corrosión de monumentos y metales (Pathirane, 1975).

La OMS reporta en el atlas sobre la salud infantil que debido a la industrialización, el crecimiento de la población urbana, el cambio climático y la degradación del medio ambiente, se expone a los niños a riesgos que hace unas pocas generaciones ni siquiera se podían imaginar, siendo una de las amenazas mayores la contaminación del aire en locales cerrados (Gordon, 2004). Se considera que calidad del aire en espacios cerrados es uno de los factores más importantes en la calidad de vida de los trabajadores de los laboratorios, puesto que se pasa la mayor parte del tiempo en espacios cerrados (Aydogdu & Ahmet, 2005).

En el estudio se planteó la evaluación de la calidad del aire en diferentes laboratorios microbiológicos públicos ubicados en la ciudad de Guatemala y en Bárcenas, Villa Nueva, a través de un estudio aerobiológico.

Los resultados obtenidos se utilizaron como guía para sensibilizar y socializar entre el personal de las instituciones participantes e investigadores sobre la necesidad de implementar un manual de bioseguridad de acuerdo a las condiciones particulares de cada una de las instituciones, así como para la propuesta de guías recomendadas para la limpieza y desinfección que sea aplicable a todos los niveles donde se trabaje directa o indirectamente con microorganismos en los laboratorios participantes. Cada manual se hizo considerando los requerimientos y necesidades de cada laboratorio.

Materiales y métodos

Laboratorios de estudio

El monitoreo del aire se hizo en laboratorios que procesan muestras de origen ambiental e industrial principalmente. El Laboratorio de Análisis Fisicoquímico y Microbiológico –LAFYM- se ubica en el primer nivel del edificio de la Antigua Facultad de Farmacia en la zona 1 de la ciudad de Guatemala. El Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR- se ubica en el segundo nivel del edificio T-12 en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Ciudad Universitaria zona 12, ciudad de Guatemala. El laboratorio de la Empresa Municipal del Agua –EMPAGUA- muestreado es El Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini" se ubica en el segundo nivel del edificio T-5 en la Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria zona 12.Y el laboratorio de la Autoridad para el Manejo Sustentable del lago de Amatitlán-AMSA- se ubica en Bárcenas, Villa Nueva, municipio del departamento de Guatemala.

Selección de las áreas y puntos de muestreo

La selección de las áreas de muestreo se realizó con base a los resultados de una encuesta dirigida al personal de cada institución. Se obtuvo información sobre la infraestructura cada laboratorio. Se realizó un estudio exploratorio y se ubicaron tres puntos de muestreo en el ambiente interior y tres puntos en el ambiente exterior de cada laboratorio con base a un diseño tipo triangular. Se seleccionaron en función del área y volumen ocupados por cada laboratorio, así como por la ubicación de las corrientes de aire (cambios en velocidad y dirección), actividades realizadas en los ambientes seleccionados y flujo del personal en cada laboratorio (Castañeda., Montes y Avelino, 2006).

Selección de la hora de muestreo

Se monitoreó cada hora de 8:00am a 12:00pm en cada laboratorio, esto permitió conocer la hora con mayor contaminación microbiológica en el ambiente exterior e interior en el horario estudiado (Rojas y Martínez, 2000; Rojas, 1998).

Monitoreo microbiológico del aire

Para la toma de muestras de aire se empleó un método volumétrico por impactación utilizando un aeroscopio que posee una capacidad de absorción de 0-100 L/minuto de aire. La capacidad de absorción que se utilizó durante los meses de octubre de 2,008 a marzo 2,009 fue de de 100 L/min.

Recuento y caracterización bacteriana

Se utilizaron tres medios para la identificación bacteriana: McConkey, medio selectivo para bacterias Gram negativo; Manitol Sal, medio selectivo para la diferenciación de *Staphylococcus*; y Agar para el conteo en placa (PCA), medio enriquecido para bacterias mesófilas. Las cajas de agar muestreadas fueron transportadas al laboratorio inmediatamente e incubadas por 24hrs a 37ºC. Al completarse el tiempo de incubación, se seleccionaron las muestran a analizar y se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonia (UFC) presentes después de 24hrs de incubación.

Se aislaron en agar Tripticasa Soya las cepas bacterianas predominantes en cada caja de muestreo y con morfología distinta a cepas aisladas previamente. Se identificaron hasta género las colonias aisladas. Se realizó una tinción de Gram a cada cultivo puro para determinar su morfología bacteriana. A partir de estos resultados se observó el predominio de cepas según la tinción de Gram y se realizaron las pruebas bioquímicas correspondientes al tipo de bacteria aislada (Madigan MT., Martinko JM., Dunlap PV. y Clark DP., 2009). En las cepas identificadas como Gram negativo se realizó la prueba de oxidasa y batería (TSI, LIA, MIO, Citrato y urea). A partir de los resultados obtenidos se orientó la identificación de la cepa y se confirmó utilizando el sistema API 20E.

En las cepas identificadas como Gram positivo se realizó la prueba de catalasa y en base a los resultados se utilizó el sistema API correspondiente: *Staphylococcus o Streptococcus.* Todos los procesos antes descritos se llevaron a cabo en campana de flujo laminar guardando todas las medidas de bioseguridad y controlando cualquier fuente de contaminación.

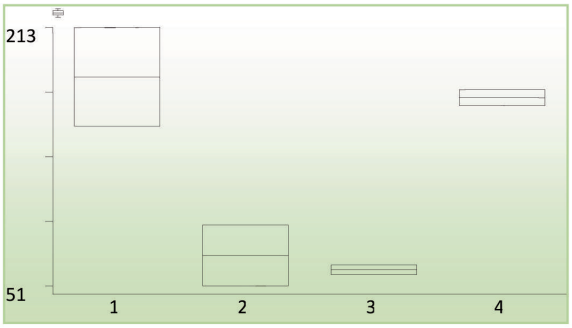
Recuento y caracterización fúngica

Las cajas de Petri con agar Saboraud utilizadas en el muestreo se incubaron por siete días a temperatura ambiente (26°C) y posteriormente se realizó el recuento de colonias. Se realizó el cálculo para determinar la carga bacteriana en UFC/m³. Se aislaron los hongos microscópicos predominante en cada caja realizando un pase de las colonias a los medios de cultivo: Czapek, Saboraud y Extracto de Malta, lo cual permitió la purificación de las colonias, para luego llevar a cabo la caracterización (Sánchez, Díaz, Cobas, Amils y Sánchez, 2000). Esta se realizó a través de la observación de las características morfológicas de las colonias (textura, color, forma de crecimiento, entre otros.)

Posteriormente, se realizaron preparaciones en fresco con solución de Azul de Lactofenol de las colonias aisladas y se observaron al microscopio (Rico, 1998). Se realizó la identificación de los géneros fúngicos empleando las claves de identificación. Por último, se llevó a cabo la conservación de las cepas estudiadas utilizando el método de conservación por transferencia periódica.

Método estadístico

Para llevar a cabo el análisis estadístico se elaboró una matriz de datos totales de las cuatro áreas interiores y cuatro áreas exteriores muestreadas. Esta se analizó con el programa Stata versión 10, realizando un análisis de varianza de entrada múltiple a un nivel de significancia de (P = 0.05). Se asumió que los datos cumplían con los principios de normalidad y homocedasticidad. La evaluación gráfica de los resultados se realizó por medio de las cajas de Tukey y las gráficas de barra (ver grafica 1). La estadística descriptiva se presenta con el cálculo de la media estadística y la desviación estándar de los niveles de contaminación.



Gráfica 1. Comparación de la carga fúngica expresada en UFC/m^3 entre los cuatro locales muestreados.

Código	Local
1	EMPAGUA
2	LAMIR
3	LAFYM
4	AMSA

Resultados

Selección de hora de mayor contaminación en los cuatro locales

El monitoreo para la selección de hora de mayor contaminación indicó que el laboratorio de EMPAGUA presentó la mayor contaminación en el aire interior que el resto de laboratorios y fue la hora de mayor contaminación las 8:00a.m. en ambos ambientes. El LAMIR presentó la mayor carga bacteriana en el ambiente interior a las 9:00 horas y en el ambiente exterior a las 10:00 horas, mientras que el LAFYM y el laboratorio AMSA presentaron la mayor carga bacteriana en el ambiente interior y exterior a las 9:00 horas por igual (tabla 1) (grafica 1).

Tabla 1. Hora de mayor contaminación en el ambiente interior y exterior del LAMIR, LAFYM, AMSA Y EMPAGUA.

Local y área muestreada	**Hora**				
	08:00	**9:00**	**10:00**	**11:00**	**12:00**
LAMIR Bacterias	230	**530**	210	100	330
AZOTEA Bacterias	160	140	**180**	60	40
LAMIR Hongos	530	890	930	1790	**2030**
AZOTEA Hongos	1450	580	510	670	**830**
LAFYM Bacterias	230	**420**	230	420	240
ÁREA EXTERIOR Bacterias	190	**700**	300	480	160
LAFYM Hongos	470	640	510	390	**1490**
ÁREA EXTERIOR Hongos	630	580	610	540	**1420**
AMSA Bacterias	**620**	520	550	400	240
AMSA EXTERIOR Bacterias	**430**	400	300	230	260
AMSA Hongos	**1710**	1640	1390	1460	920
AMSA EXTERIOR Hongos	**2310**	1740	1650	2110	1830
EMPAGUA Bacterias	380	**940**	380	660	420
EMPAGUA EXTERIOR Bacterias	**1010**	260	160	330	170
EMPAGUA Hongos	4510	**2130**	2080	1910	2940
EMPAGUA EXTERIOR Hongos	**1510**	1150	1220	1350	1450

Fuente: datos generados para el proyecto.

Recuento de bacterias y hongos en los muestreos periódicos

El laboratorio de AMSA presentó la mayor carga bacteriana en el ambiente interior (790 UFC/m^3) en febrero y en el ambiente exterior (950 UFC/m^3) en noviembre, seguido por el laboratorio de EMPAGUA que presentó valores similares en ambos ambientes (interior: 660 UFC/m^3 y exterior: 510 UFC/m^3). El LAMIR presentó valores intermedios en comparación con el resto de laboratorios (interior: 360 UFC/m^3 y exterior: 400 UFC/m^3) y el LAFYM presentó los valores más bajos en ambos ambientes (interior: 250 UFC/m^3 y exterior: 300 UFC/m^3) durante enero (Tabla 2).

Tabla 2. Carga bacteriana en UFC/m^3 de aire en los cuatro laboratorios estudiados en los 6 meses de muestreo.

Mes	AMSA		EMPAGUA		LAFYM		LAMIR	
	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
Oct.	480	480	270	290	100	90	120	30
Nov.	640	**950**	400	270	160	130	50	80
Dic.	220	570	130	120	120	280	280	170
Ene.	250	700	190	310	**250**	**300**	180	**400**
Feb.	**790**	620	220	210	80	100	**360**	180
Mar.	250	830	**660**	**510**	130	130	150	110

Fuente: datos generados para el proyecto.

En cuanto a la carga fúngica los valores más altos fueron presentados en el ambiente interior por el LAMIR (2720 UFC/m^3) en enero y por el laboratorio de AMSA (4600 UFC/m^3) en octubre en el ambiente exterior. Los valores más bajos fueron presentados por el LAFYM (1240 UFC/m^3) en el ambiente interior y por el laboratorio de EMPAGUA (1860 UFC/m^3) en el ambiente exterior durante febrero (tabla 3).

Tabla 3. Carga fúngica en UFC/m^3 en los cuatro laboratorios estudiados en los 6 meses de muestreo.

Mes	AMSA		EMPAGUA		LAFYM		LAMIR	
	Int.	Ext.	Int:	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
Oct.	**2390**	**4600**	1140	610	300	370	180	2000
Nov.	2210	4440	**1940**	680	480	580	560	4900
Dic.	750	1580	**1940**	780	584	560	1180	940
Ene.	670	1490	740	1140	**1240**	**2900**	**2720**	**2930**
Feb.	930	1530	730	**1860**	550	780	250	1900
Mar.	530	820	1610	770	170	390	570	750

Fuente: datos generados para el proyecto.

Géneros fúngicos

Se puede observar en la tabla 3, que en enero se presentó un mayor crecimiento fúngico. Los resultados obtenidos demuestran la existencia de hongos filamentosos y levaduras como contaminantes del ambiente, por lo que se consideró importante determinar los géneros presentes en cada laboratorio. Se obtuvo un listado de los géneros encontrados con mayor frecuencia de aparición en los cuatro laboratorios que incluye a *Cladosporium, Penicillium* y *Aspergillus*, como géneros predominantes en ambos ambientes a lo largo de todo el estudio, en orden de frecuencia de aparición en el aire respectivamente (tablas 4-7).

Tabla 4. Géneros fúngicos predominantes en el LAMIR **.**

Mes	LAMIR Int. %			LAMIR Ext, %		
	Género * 1	Género 2	Género 3	Género 1	Género 2	Género 3
Oct.	30	25	23	50	25	15
Nov.	20	10	60	59	5	31
Dic.	53	1	41	55	4	33
Ene.	58	10	24	64	9	20
Feb.	40	11	37	55	11	22
Mar.	40	18	35	60	13	22

Fuente: datos generados por el proyecto.
Género 1: *Cladosporium,* Género 2: *Aspergillus y* Género 3: *Penicillium*

Tabla 5. Géneros fúngicos predominantes en el LAFYM .

	LAFYM Int.%			LAFYM Ext.%		
Mes	**Género* 1**	**Género 2**	**Género 3**	**Género 1**	**Género 2**	**Género 3**
Oct.	46	24	26	50	9	32
Nov.	55	7	32	60	4	30
Dic.	43	12	36	54	8	32
Ene.	39	16	40	54	15	18
Feb.	36	11	46	61	12	18
Mar.	41	24	28	45	12	31

Tabla 6. Géneros fúngicos predominantes en AMSA.

	AMSA Int. %			AMSA Ext.%		
Mes	**Género* 1**	**Género 2**	**Género 3**	**Género 1**	**Género 2**	**Género 3**
Oct.	25	5	51	22	8	45
Nov.	66	5	22	70	3	12
Dic.	55	5	29	62	4	25
Ene.	61	8	24	47	8	26
Feb.	41	9	33	51	11	22
Mar.	42	15	30	53	10	21

Fuente: datos generados por el proyecto.
*Género 1: *Cladosporium,* Género 2: *Aspergillus y* Género 3: *Penicillium*

Tabla 7. Géneros fúngicos predominantes en EMPAGUA..

	EMPAGUA Int. %			EMPAGUA Ext.%		
Mes	**Género* 1**	**Género 2**	**Género 3**	**Género 1**	**Género 2**	**Género 3**
Oct.	53	13	20	38	25	12
Nov.	52	3	38	44	5	45
Dic.	58	8	30	45	14	35
Ene.	43	11	43	40	8	43
Feb.	47	13	30	46	31	10
Mar.	22	3	70	49	11	31

Fuente: datos generados por el proyecto.
*Género 1: *Cladosporium,* Género 2: *Aspergillus y* Género 3: *Penicillium*

Tabla 8. Géneros bacterianos caracterizados durante el muestreo clasificados filogéneticamente

PHYLUM	**FAMILIA**	**GENERO/ESPECIE**	**LOCAL**
Firmicutes	**Staphylococcaceae**	*S. aureus*	AM
		S. capitis	EM
		S. epidermidis	LF
		S. haemolyticus	LF y EM
		S. hominis	LF
		S. lentus	LA y EM
		S. saprophyticus	LF, AM y EM
		S. sciuri	LA, LF y EM
		S. vitulinus	LF
		S. warnerrii	LA y LF
		S. xylosus	**LA, LF, AM y EM**
	Bacillaceae	*Bacillus cereus*	LA y LF
		Bacillus licheniformis	**LA, LF, AM y EM**
		Bacillus megaterium	LA y AM
		Bacillus subtilis	LA y AM
		Bacillus pumilus	LF
	Streptococcaceae	*Streptococcus sanguis*	EM
		Lactococcuslactis	EM
Actinobacteria	Propionibacteriaceae	*Propionibacteriumacnes*	LA
	Brevibacteriaceae	*Brevibacteriumsp.*	LF
	Micrococcaceae	*Arthrobacters p.*	LA
		Kocuriarósea	EM
		Kocuriavarians	LF
		Microbacterium	LA y AM
		Leifsoniaaquaticum	
		Micrococcusssp.	
		Cellulomonas p.	
	Corynebacteriaceae	*Corynebacteriumaccotens*	LF
		Corynebacteriumstriatum	EM
Bacteroidetes	Flavobacteriaceae	*Bergeyellazoohelcum*	LA
		Weeksellavirosa	LA
Proteobacteria	Enterobacteriaceae	*Serratiamarcescens*	EM
		*Pantoea*sp.	LA, LF y EM
		Pantoeaagglomerans	LF
		Salmonella gallinarium	EM
		Klebsiellapneumoniae	AM
		Escherichiavullneris	EM
		Buttiauxella agrestes	EM
	Moraxellaceae	*Acinetobacter baumann*	EM
	Pseudomonadaceae	*Pseudomonaputida*	EM
		Pseudomonas tutzeri	**LA, LF, AM y EM**

Fuente: datos generados por el proyecto y revisión bibliográfica. Donde: LA=LAMIR, LF=LAFYM, AM=AMSA, EM=EMPAGUA.

Análisis estadístico

En el análisis de varianza de entrada múltiple para la carga fúngica, donde las covariables fueron: hongos, que se refiere a la carga fúngica expresada en UFC/m^3; lugar, que se refiere al laboratorio donde se llevó a cabo el muestreo; y por último el ambiente, que se refiere a si se muestreó en el interior de la instalación o en el exterior, los resultados mostraron una diferencia significativa con respecto a los ambientes donde se llevo a cabo el estudio, se obtuvo un valor de (P= 0.022) para ambiente. Mientras que el análisis de la carga bacteriana mostró que no hubo diferencia significativa con respecto a los lugares muestreados y en el ambiente sin importar si es interior o exterior, para el lugar un valor de (P=0.44) y para ambiente (P =0.40).

Discusión

El monitoreo para determinar la hora de mayor contaminación mostró que al comparar la carga fúngica y bacteriana presente en el aire (tabla 1) se observó una fluctuación en la concentración de la carga microbiológica según la hora.

Se presentaron valores mayores y constantes en horas tempranas de la mañana, lo cual corrobora la influencia de factores ambientales como la humedad relativa, la temperatura y la precipitaciones (Rojas y Martínez, 2000).

Un cambio súbito en las condiciones atmosféricas puede explicar una alteración brusca del nivel de bacterias presentes en el aire (Grau, 2006). Esto se confirma con los resultados presentados en la tabla 1 que muestra que el nivel de contaminación presente en el aire por esporas fúngicas es mucho mayor a los niveles presentes de bacterias debido a la susceptibilidad de estas últimas ante cambios climáticos.

La mayor contaminación microbiológica se presentó en el laboratorio de EMPAGUA en el ambiente interior y en el laboratorio de AMSA en el ambiente exterior. La contaminación en el ambiente exterior es apremiante debido a que ciertos microorganismos como las esporas fúngicas son componentes normales de ambientes externos. Sin embargo, actualmente se consideran como contaminantes de los ambientes internos (Bueno, Silva y Oliver, 2003). Una contaminación elevada en el ambiente exterior puede sugerir una próxima contaminación del ambiente interno.

A pesar de que el LAFYM presentó la mayor carga bacteriana del ambiente exterior (670 UFC/m^3) en el estudio exploratorio, durante los 6 meses de muestreo ambos ambientes presentaron valores similares y ninguno de ellos sobrepasó las 300 UFC/m^3. La única diferencia significativa entre ambos ambientes fue diciembre, ya que el valor del ambiente exterior (300 UFC/m^3), fue el doble que el valor encontrado en el ambiente interior (120 UFC/m^3).

Este contraste entre los resultados del estudio exploratorio y el muestreo mensual, puede deberse al cambio de época estacional entre ambos muestreos en el valle de Guatemala. El Monitoreo del aire en la ciudad de Guatemala, por parte del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meterorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH) indica un descenso de los valores de contaminación bacteriana en la época lluviosa. Puede observarse que todos los resultados en el estudio exploratorio (tabla 1) son altos y sobrepasan en dos ocasiones las 300 UFC/m^3.

De los 40 géneros bacterianos identificados, el género predominante fue el de *Staphylococcus* (tabla 8). Se identificaron 10 cepas, de las que sobresale el *S. aureus* debido a que es el miembro más virulento de las 35 especies de este género. La importancia de la presencia de *Staphylococcus aureus* radica en su patogenia, que va desde infecciones menores de la piel y abscesos cutáneos hasta enfermedades que pueden poner en peligro la vida como neumonía, meningitis, síndrome del shock toxico (SST) y sepsis.

La segunda proporción más elevada de géneros identificados en los tres laboratorios después de los *Staphylococcus* y *Bacillus* se conformó por especies Gram positivo identificadas como Actinobacterias. La *Cellulomonas* se presentó solamente en el LAMIR y el laboratorio de AMSA. Estos resultados junto a los dos primeros géneros identificados, muestran el predominio de las bacterias Gram positivo en los cuatro laboratorios y en ambos ambientes, reafirmando así los resultados obtenidos en un estudio similar (García, Araujo y Fernández, 2005), quienes indican que la frecuencia de las bacterias Gram

negativo es generalmente inferior, principalmente por su propensión a la desecación debido a la estructura delgada de su pared celular (Flores, Pardavé y Valenzuela, 2007).

Los hongos ambientales se encuentran tanto en el exterior como en el interior de los domicilios. Klanova en el 2000, publicó que la concentración de hongos en ambientes interiores por encima de 2000 UFC/m^3 de aire puede ser considerada como un factor de riesgo serio para la salud de los ocupantes.A pesar de que las diferencias entre la concentración de los hongos microscópicos presentes en espacios cerrados y ambientes abiertos es controvertida, se acepta que los niveles de hongos en el exterior están muy condicionados por las variaciones climáticas, y esto también influye en la diversidad de los hongos del interior (Garret, 1998).

Los tres géneros fúngicos predominantes fueron *Cladosporium, Aspergillus y Penicillium* (tablas 4-7). Se aislaron géneros fúngicos conocidos como alérgenos, biodeteriorantes y fitopatógenos (*Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Cladosporium, Rhizopus* y levaduras, entre otros), los cuales constituyen un factor indirecto que provoca afecciones en la salud de humanos y plantas.

Esto es relevante debido a que los hongos son capaces de ocasionar patologías de diferente índole, tienen la posibilidad de desencadenar una serie de reacciones alérgicas, asma, irritación dérmica y de membranas, neumonitis hipersensibles, infecciones o intoxicaciones que afectan al hombre fundamentalmente en ambientes cerrados (Harrison, Pickerin, Faragher, Austwick, Little y Lawton, 1992). De esta forma, los síntomas causados por los hongos atmosféricos incluyen enfermedades respiratorias, tanto de vías respiratorias altas como bronco-pulmonares, con inflamación de las membranas mucosas.

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 y los conflictos sociales son inevitables (OMS, 1997).

Sin embargo, no se encontraron altos niveles de incidencia en la salud del personal estable de los cuatro laboratorios muestreados. Pero si se verificó que la falta de un procedimiento de limpieza, periodicidad de limpieza, desinfección adecuada, y ventilación con la que cuenta cada laboratorio, si influyó en la calidad del aire, carga fúngica y bacteriana; existiendo una influencia del personal estable y de tránsito sobre la calidad del aire en los cuatro laboratorios muestreados

Para la identificación de microorganismos en el aire, se debe contar con pruebas microbiológicas y cepas de referencia o material de referencia. Debido a ello se creó un cepario con todos los géneros bacterianos y fúngicos caracterizados durante este estudio, y se documentaron las pruebas para su caracterización.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología –SENACYT-, el financiamiento del proyecto FODECYT 2-2008. Y la colaboración de los cuatro laboratorios participantes: el laboratorio de AMSA, el laboratorio de EMPAGUA, el LAFYM y el LAMIR.

Referencias

Aydogdu H. & Ahmet A. (2005). Monitoring of fungi and bacteria in the Indoor air of primary school in Edirne, Turkey, *Indoor Built Environ*, 14(5) 411-425. https://doi.org/10.1177/1420326X05057539

Castañeda E., Montes M. y Avelino F., (2006). Cuantificación de bioaerosoles en las áreas de proceso de una industria zapatera y su relación con la salud de los trabajadores, *Enfermedades Infecciosas y microbiología*. 26:1-5.

Flores F. J., Pardavé L.M. y Valenzuela I.C. (2007). Estudio aerobiológico de la zona aledaña al relleno sanitario “San Nicolás”. Municipio de Aguas Calientes. México. Investigación y Ciencia UAA. 37: 13-18

García N., Araujo I. y Fernández M. (2005). Calidad microbiológica y fisicoquímica del aire en tres laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia. *CIEN*, 13(2):182-192.

Gordon B, Mackay R & Rehfuess E. (2004). Inheriting the World: The atlas of children's health and the environment, Geneva: World Health Organization, p.1-2.

Harrison J., Pickerin C.A., Faragher E.B., Austwick P.K., Little S.A. & Lawton L. (1992).An investigation of the relationship between microbial and particulate indoor air pollution and the sick building syndrome. U.K., Respire Med; 86: 225-235. https://doi.org/10.1016/S0954-6111(06)80060-0

Klanova, K. (2000). The concentrations of mixed populations of fungi in indoor air: romos with and without mould problems romos with and without health complaints. *Central European Journal of Public. Health.8:* 59.61.

Madigan MT., Martinko JM., Dunlap PV. y Clark DP. (2009). Biología de los microorganismos. (12ª ed.). Madrid, España: Pearson Prentice-Hall, p. 46, 86.

Rico M. (1998). Fundamentos de Microbiología. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Centro Editorial Javeriano., p. 27-32.

Sánchez M., Díaz E., Cobas, G., Amils R., Sánchez, B. (2000). Caracterización de microorganismos en aire interior de la universidad autónoma de Madrid, Laboratorio de aplicaciones ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, España, p. 3.

Occupational Safety and Health Administration, Indoor Air Quality, Occupational Safety and Health Administration (OSHA).(2001). Washington, D.C. Federal Register 66:64946 . gov.

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.

Copyright (c) 2012 K. Herrera, O. Cóbar, J. De León, A. Rodas, S. Boburg, J. Quan, L. Pernilla, C. Mancilla y H. Gudiel

Este texto está protegido por una licencia *CreativeCommons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, , incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Resumen delicencia - *Textocompletodelalicencia*