

Cuantificación de bioaerosoles en las áreas de proceso de una industria zapatera poblana y su relación con la salud de los trabajadores

Castañeda Roldán Elsa Iracena*, Morales Polanco Maricela**, Avelino Flores Fabiola*, Chávez Bravo Edith*, Espinosa Texis A* y Morales Tepatl E. **

*Laboratorio de Patogenicidad Microbiana del CICM y **Facultad de Ing. Química de la BUAP.

Correspondencia. Dra. Elsa Iracena Castañeda Roldan. Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edificio 76, Complejo de Ciencias, Puebla, Mexico. x

Fecha de aceptación: noviembre 2005

RESUMEN	ABSTRAC
Objetivo. Evaluar la frecuencia y tipo de poblaciones microbianas de bioaerosoles presentes en el aire de cuatro áreas de proceso de elaboración de calzado y su relación con la salud de los trabajadores. Material y Métodos. Se tomaron muestras microbiológicas y se recabó información sobre actividades y focos de contaminación de cada una de las áreas de proceso de elaboración de calzado. De cada trabajador se registraron signos y síntomas relacionados con el tipo de trabajo desarrollado. Resultados. En los bioaerosoles la población bacteriana estuvo presente en 39% de las muestras, el desarrollo de levaduras fue de 32% y el de hongos fue de 29% . Entre las bacterias 47% fueron Gram (+) , 32% Gram (-) y 21% actinomicetos. Los signos y síntomas más frecuentes entre los trabajadores estuvieron relacionados con laringitis, cefalea, conjuntivitis y faringitis. Conclusiones. En las áreas proceso de elaboración de calzado existe relación entre la sintomatología de los trabajadores y el tipo de población bacteriana aislada en los bioaerosoles.	Objective. To determine frequency and type of airborne microorganisms in different areas of process in shoes factories and its relation to workers health. Materials and Methods. We evaluated 4 areas of process in a shoes factory. We taked air samples for culture and we registered symptoms and signs of each worker Results. Bacteria were present in 39% of the samples, yests in 32% and fungi in 29% . Among bacteria 47% were Gram (+) , 32% were Gram (-) and 21% actinomycetes. Among workers laryngitis, head ache, conjunctivitis and pharyngitis were the more frequent. Conclusions. There is association between presence of airborne microorganisms and presence of signs and symptoms among workers.

Introducción

En la actualidad los bioaerosoles han cobrado gran atención debido a que pueden generar transtornos de tipo alérgico, tóxico o infeccioso en los seres vivos. La mayoría de los bioaerosoles son complejos en cuanto a la naturaleza de sus componentes, de modo que pueden estar constituidos por bacterias, hongos, protozoos, virus y/o diversas estructuras y compuestos, consecuencia de su desarrollo o actividad (Krysinska, et al;2004) .

En los lugares de trabajo los ambientes en los cuales los microorganismos son aerotransportados crean un problema para la salud, ya que tienen una circulación limitada de aire exterior y una nula exposición a la radiación UV. Estas condiciones son favorables para la acumulación y sobrevivencia de los microorganismos en esos ambientes cerrados, dando origen al síndrome del edificio enfermo (OMS, 2005) .

En las industrias zapateras los contaminantes ambientales tienen un doble papel:el efecto que causa en la salud del personal y el biodeterioro que origina a la materia prima. En tal sentido ningún método de muestreo por si solo es conveniente para coleccionar y analizar todos los tipos de bioaerosoles, y en la actualidad no se dispone de normas que permitan proceder con una metodología única de muestreo.

Respecto a la evaluación de los microorganismos, virus, bacterias, hongos, microorganismos patógenos específicos y toxinas distintas de las endotoxinas, los distintos tipos de agentes biológicos así como sus propiedades biológicas, nos regimos bajo la norma: UNE-EN 13098 "Atmósferas en el lugar de trabajo", directrices para la medición de microorganismos y endotoxinas en suspensión en el aire.

Existe toda una serie de trastornos que hacen referencia a diversos síntomas y a las condiciones de los edificios (EDIFICIO ENFERMO); se relacionan con la irritación de las membranas mucosas, dolor de cabeza y fatiga por causas desconocidas. Entre los síntomas más comunes generados por los bioaerosoles se encuentran: irritación e infecciones del tracto respiratorio, irritación de los ojos y otros tejidos húmedos, incluso de las terminaciones nerviosas en el lugar de acción, dificultades mecánicas en la respiración, agravamiento de males cardiaco-respiratorios, impacto en el sistema inmunológico, cambios morfológicos de las membranas pulmonares, problemas digestivos, etc.

La empresa Zapatera Poblana, como muchas otras empresas, no cuenta con un programa de vigilancia de bioaerosoles, es por ello que en este trabajo se realizó un estudio que evaluó la frecuencia y tipo de poblaciones microbianas (UFC/m³ de aire) de bioaerosoles presentes en el aire de cuatro áreas del proceso de elaboración de zapatos y la relación que guardan con la salud de los trabajadores.

Metodología

Selección de puntos.

Para la evaluación de los agentes biológicos dentro de la industria zapatera poblana se realizó el análisis de las áreas de producción (figura 1) y corrientes de aire dentro de cada espacio físico. La decisión sobre dónde y cuándo monitorear dentro de la industria zapatera se estableció por el tiempo de exposición promedio de la jornada de trabajo reportado por los individuos que laboran en las diferentes áreas del proceso; además de recabar información sobre las actividades específicas, procesos, posibles focos de contaminación y de algunos factores que pudieran intervenir en la exposición a aire contaminado. En base a lo anterior la selección de los puntos fueron:

Punto 1: este punto se encuentra localizado entre el área de entaconado, banco de acabado de suela, departamento de avio, pegado de suela, forrado y entalonado, y la mesa de tapas.

Punto 2: está entre el área de cortado, rebajado y maquinado.

Punto 3: se encuentra entre el área de adornado y montado.

Punto 4: se localiza en bodega y punto terminado (figura 1)

Relación entre la exposición de bioaerosoles y salud en los trabajadores de las diferentes áreas.

Esto se llevó a cabo mediante encuestas aplicadas a los trabajadores de la industria. Se identificaron las enfermedades más frecuentes que presentaban, así como los principales síntomas y signos dentro de la jornada de trabajo.

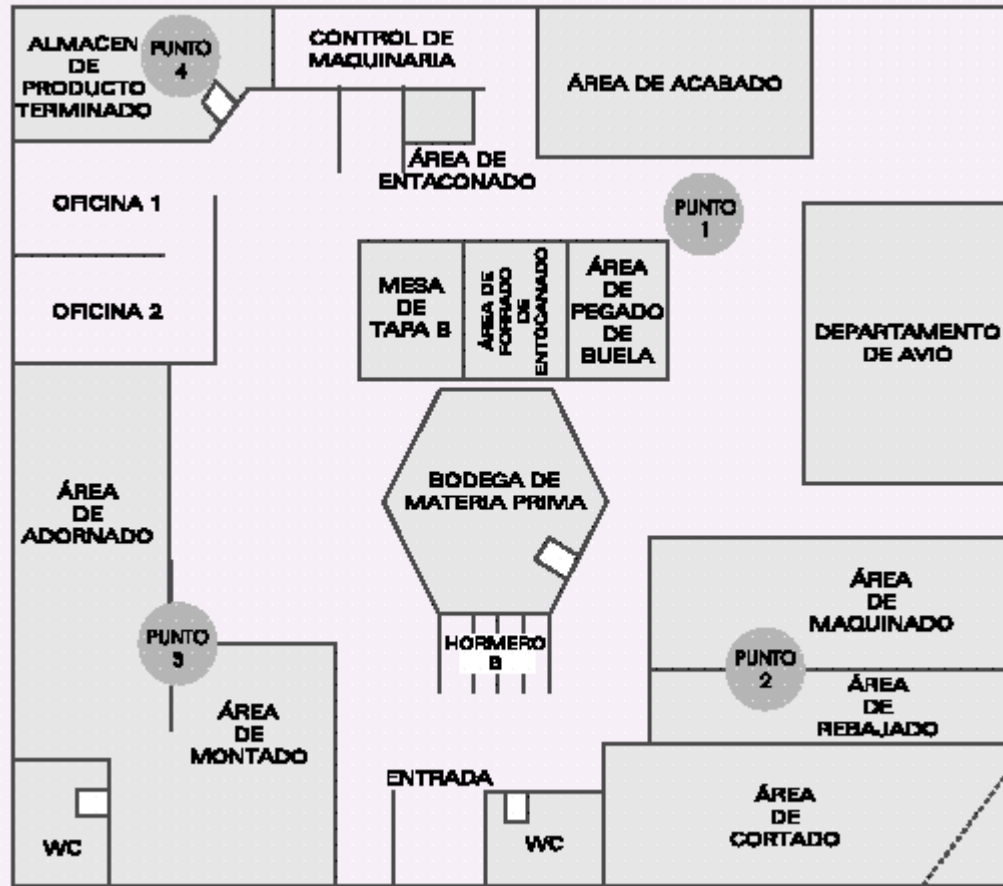
Medio de cultivo y toma de muestra.

La seleccionó un medio de cultivo sólido rico en nutrientes que permitió el crecimiento de varios tipos de microorganismos. El análisis de bioaerosoles se realizó en placas de Petri con el medio de agar soya tripticasa, utilizando el método de impacto en placa. Las placas se expusieron al aire durante cinco minutos en los diferentes puntos de la producción, se incubaron a temperatura ambiente durante tres días y las colonias obtenidas se procesaron para su aislamiento e identificación.

Aislamiento e identificación de poblaciones microbianas. Se contaron las unidades formadoras de colonia (UFC) totales y se reportaron como hongos, bacterias y levaduras presentes por día en cada jornada laboral.

Para la identificación de bacterias se realizó la tinción de Gram y se hizo la observación al microscopio. Para determinar el género y especie de los microorganismos se emplearon pruebas bioquímicas: LIA, MIO, TSI, CITRATO y UREA. Para el caso de bacterias Gram negativas y Gram positivas se utilizó el pool de pruebas establecidas para este tipo de microorganismos. Los hongos se identificaron mediante tinción con azul de algodón y el análisis de su morfología microscópica.

Figura 1.
Puntos de muestreo seleccionados para el análisis de bioaerosoles dentro de una industria zapatera



Resultados

Los microorganismos que crecieron sobre las placas de agar de soya tripticasa (TSA) se identificaron de acuerdo a su morfología colonial (figura 3). Se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonia (UFC/m³) de hongos, bacterias y levaduras presentes en el aire de cada área del proceso. Los hongos encontrados dentro de las áreas de producción de la industria y aislados en las placas fueron generalmente reconocidos a simple vista por las características de sus colonias. Las levaduras, macroscópicamente se desarrollaron como colonias que tienen un aspecto blando, lechoso y cremoso, de color blanco, anaranjado, amarillento y ligeramente acuminado.

Se pudo observar las distintas variaciones de las poblaciones microbianas totales en cada punto seleccionado de la empresa durante cinco días; estos resultados se muestran en la figura 2. La población bacteriana estuvo presente en 70%, mientras que la población de hongos y levaduras estuvo en proporciones ligeramente menores. La distribución porcentual de los principales bioaerosoles aislados se muestra en la figura 4, la cual denota que en el aire interior de la industria zapatera abundan bacterias, como bioaerosol en 39%, seguida por las levaduras en 32%, y finalmente tenemos a los hongos en 29%. La distribución porcentual de las bacterias Gram positivas aisladas fue del 47%, seguida por las bacterias Gram negativas en 32% y finalmente Actinomicetos en 21%.

La morfología colonial y microscópica determinada por tinciones (Gram, azul de algodón y lugol) se muestran en la figura 3.

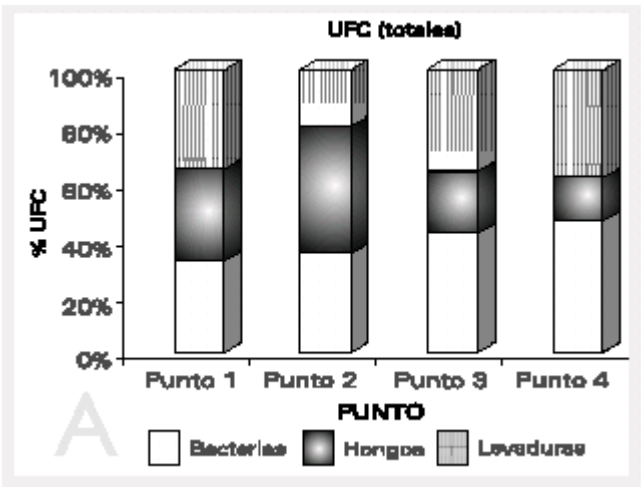
La enfermedad más frecuente en las trabajadoras fue faringitis con un promedio de 44%. El 14% de ellas también presentó otras enfermedades, como diabetes. Los signos y síntomas de mayor importancia fueron dolor de cabeza, irritación de ojos y garganta seca en las mujeres que trabajaban en el área de adornado, donde se utilizan: solventes, gasolina, cemento, alcohol, pigmentos y carnauba en el punto 4. Los trabajadores tendieron a enfermarse menos en comparación a las trabajadoras; la enfermedad más frecuente en los varones fue amigdalitis.

Dentro de los géneros bacterianos encontrados están *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus* y *Actinomyces* como bacterias Gram positivas, ampliamente relacionadas con cuadros infecciosos de vías respiratorias.

Se aislaron a *Klebsiella* spp; *Pseudomonas* spp, *Enterobacter* spp, *Citrobacter* sp, *Enterobacter* y *Serratia* spp como bacterias Gram negativas. La sintomatología que presentaron los trabajadores (figura 5) demuestra que las mujeres fueron las que presentaron sintomatología y enfermedades infecciosas de vías respiratorias con mayor frecuencia en comparación con los hombres. Esto puede ser debido a que las trabajadoras laboraron en el punto 4, en donde se aislaron más bacterias que en otros.

Figura 2.
Poblaciones de bioaerosoles encontradas:

A) Bioaerosoles en los 4 puntos seleccionados de la Industria



B) Bioaerosoles encontrados por día en cada punto

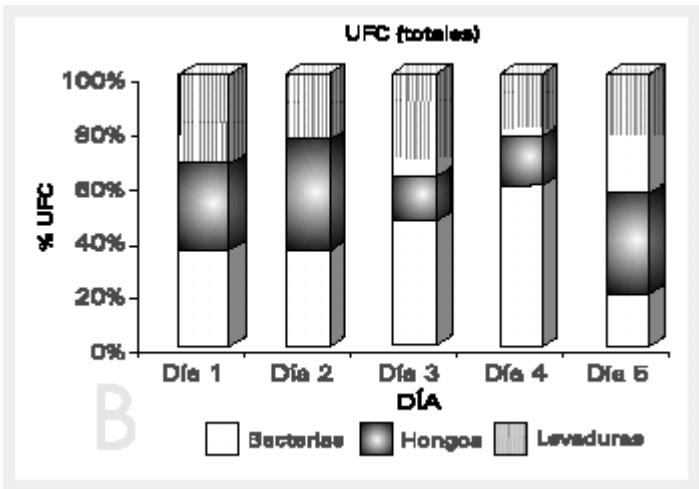
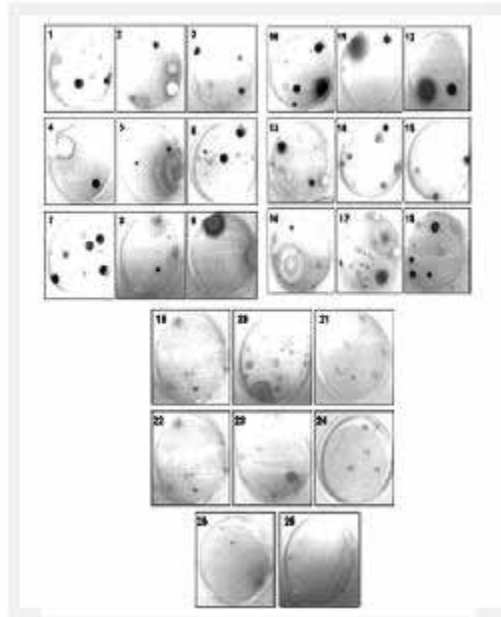


Figura 3.
Micrografías de las UFC de los bioaerosoles encontrados.

A) Colonias macroscópicas de hongos, bacterias y levaduras crecidas sobre agar TSA.



B) Morfología microscópica de las colonias de hongos, bacterias y levaduras teñidas mediante Gram, azul de algodón y lugol para cada grupo

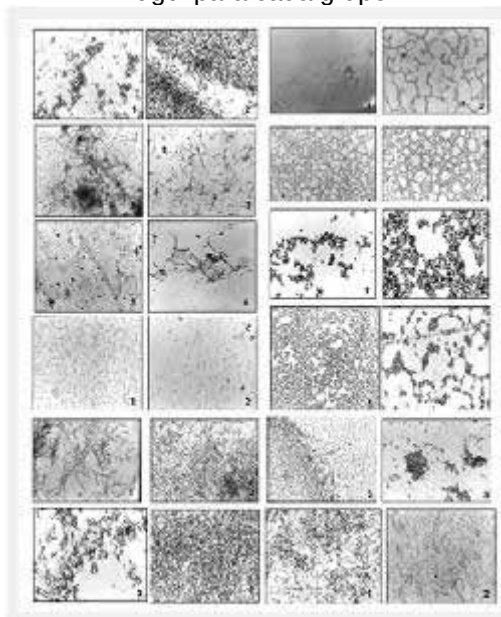


Figura 4.
Porcentajes de bioaerosoles encontrados en las cuatro áreas de la industria zapatera poblana, géneros y especies bacterianas que predominaron en el aire de la Industria.

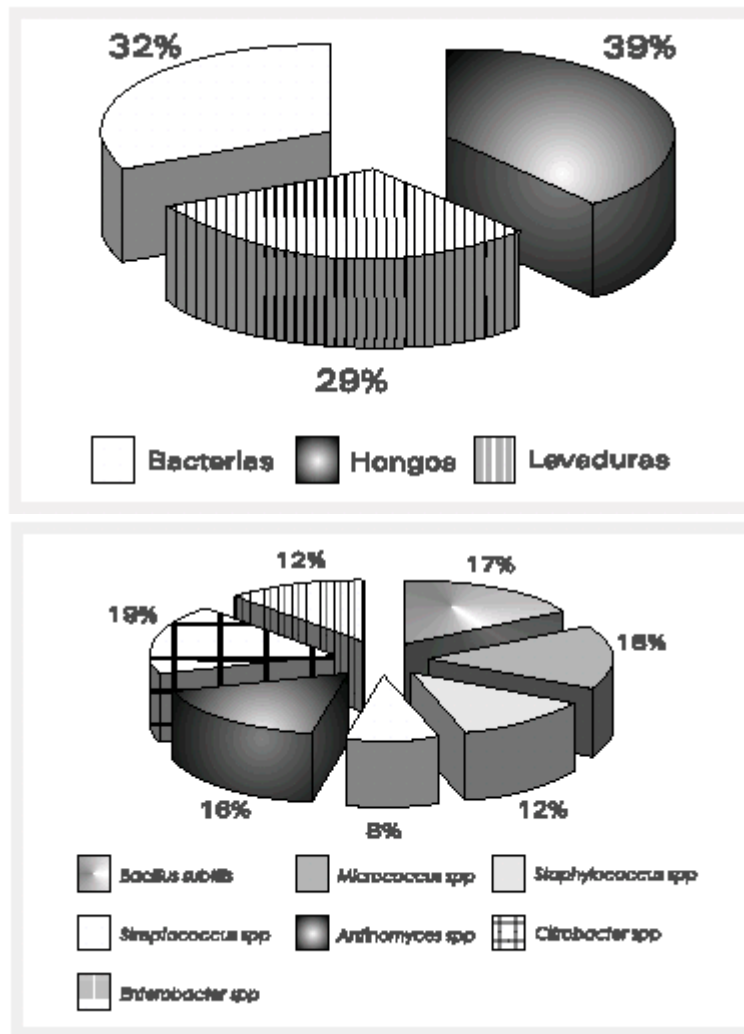
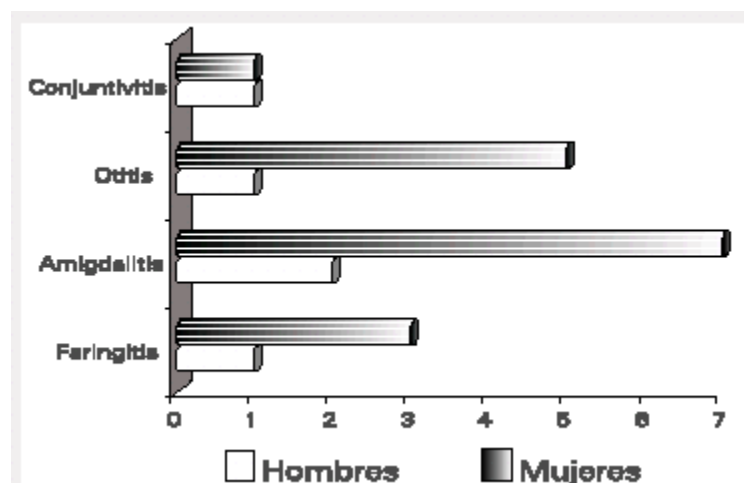
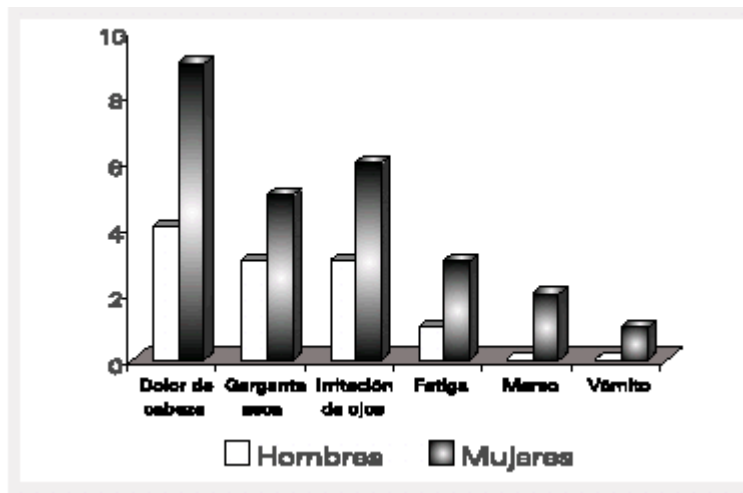


Figura 5.
Resultados de las encuestas aplicadas de acuerdo al sexo masculino y femenino que muestran los signos-síntomas y las enfermedades de vías respiratorias que presentaron cada uno de los individuos que laboraban en la industria zapatera durante el estudio.





En este estudio se encontraron tres poblaciones de bioaerosoles, hongos, bacterias y levaduras, que estuvieron presentes todo el tiempo del muestreo, siendo las bacterias la población de mayor frecuencia. Dentro de los géneros bacterianos encontrados están *Staphylococcus* y *Streptococcus*, bacterias Gram positivas, ampliamente relacionadas con cuadros infecciosos de vías respiratorias.

Discusión

Dentro de la industria zapatera fue comprobada la presencia de bioaerosoles en el aire dentro de las áreas de producción en cuatro puntos (Punto 1: 4295 m², Punto 2: 2586 y Punto 4: 1764 m²). La carencia de los valores límites de referencia para los bioaerosoles en México para este tipo de industrias obstaculiza seriamente la interpretación de los resultados obtenidos.

El análisis microbiológico del aire se ha realizado en otras industrias como en cuatro serrerías, de las cuales dos procesaban madera conífera (pino, abeto) y las otras dos procesaban madera de hojas caducas (roble, abedul). La concentración total de microorganismos para las serrerías que procesaban la madera conífera estaba en un promedio de UFC/m entre 5.6×10^3 hasta 20.2×10^3 de bacterias y hongos. Las concentraciones más grandes de microorganismos en las serrerías que procesaban la madera conífera fueron observadas al desembarcar y en el primer corte al aserrar el marco respectivamente. La microflora en el aire durante el desembarque consistió sobre todo de hongos alergénicos (principalmente *Aspergillus*) y las corynebacterias, mientras que la microflora aerotransportada recuperada durante el primer corte al aserrar el marco estuvo constituida sobre todo de bacterias Gram negativas. Los resultados de esa investigación demostraron que los trabajadores de las serrerías pueden estar expuestos en algunos puntos de la producción a los microorganismos aerotransportados que son peligrosos para respirarlos y constituyen el riesgo más grande para los hongos alergénicos que se encontraron en la corteza y productos de madera almacenados (Dutkiewicz J., 2001).

Los hongos toxigenos son abundantes en muchos espacios y sótanos que viven en una cubierta más vieja.

Las micotoxinas han demostrado ser muy tóxicas y dañinas, muchos habitantes que viven en estos espacios están constantemente enfermos, principalmente de infecciones del tracto respiratorio, y presentan sintomatología como letargo, dolor de cabeza constante, náusea y una sensación de malestar general. Habitando dentro de estos edificios por un período considerable existen altas probabilidades que los individuos contraigan cáncer (Ochmanski W, 2000).

En otros estudios hechos en una fábrica de panel de fibras de madera y dos fábricas productoras de novopan se encontró que los niveles de bacterias, de hongos, de polvo y de endotoxina bacteriana en el aire eran altos. En la fábrica de panel de fibras de madera, la concentración de microorganismos aerotransportados en las etapas iniciales del ciclo de la producción fue de 71.8 hasta 95.2×10^3 UFC/m³, y en otras etapas fue de 8.4 hasta 17.5×10^3 UFC/m³ (Krysinska-Traczyk E, 2002).

Los hongos (sobre todo *Penicillium* y *Aspergillus*) fueron los microorganismos que prevalecieron en el aire de la fábrica del panel de fibras de madera, formando 46.0 hasta 87.3% de la microflora aerotransportada total. Las concentraciones de microorganismos en el aire de las fábricas de novopan fueron perceptiblemente más bajas comparadas a la fábrica del panel de fibras de madera (Dutkiewicz J., 2001a y 2001b).

Este trabajo contribuyó a establecer que hay una relación entre la frecuencia y tipo de bioaerosol y las enfermedades de los trabajadores, colaborando de esta manera con la medicina del trabajo para que se tomen las medidas pertinentes para fomentar la calidad del aire interior de los edificios en donde se laboran más de ocho horas de jornada.

Bibliografía

1. Castañeda Roldán, E. I. , Rivera Tapia J. A, Avelino Flores F, Ortiz Muñoz E, Morales Tepatl E y Rocha Gracia R del C. Filtración de bioaerosoles y salud. Temas de actualidad en microbiología, ambiente y salud . Publicación BUAP México. 2002, pp. 249-265.
2. Castañeda Roldán E. I, Rivera Tapia J. A y Lechuga Bautista K. Determinación de la calidad microbiológica del aire en una industria textil . Rev. Latino Americana de la Salud en el trabajo. 2003;3:21-24.
3. Dutkiewicz J, Krysinska-Traczyk E, Prazmo Z, Skorska C, Sitkowska J. Exposure to airborne microorganisms in Polish sawmills . Ann Agric Environ Med. 2001 8:71-80.
4. Dutkiewicz J, Olenchock S, Krysinska Traczyk E, Skorska C, Sitkowska J, Prazmo Z. E xposure to airborne microorganisms in fiberboard and chipboard factories. Ann Agric Environ Med. 2001;8:191-9.
5. Golec M, Skorska C, Mackiewicz B, Dutkiewicz J. Immunologic reactivity to work-related airborne allergens in people occupationally exposed to dust from herbs. Ann Agric Environ Med. 2004;1:121-7.
6. Krysinska-Traczyk E, Skorska C, Cholewa G, Sitkowska J, Milanowski J, Dutkiewicz J. . Exposure to airborne microorganisms in furniture factories. Ann Agric Environ Med. 2002;9:85-90.
7. Ochmanski W, Barabasz W. Microbiological threat from buildings and rooms and its influence on human health (sick building syndrome) . Przegl Lek. 2000;57:419-23.
8. Organización Mundial de la Salud (OMS) . 2005.
9. Prazmo Z, Krysinska-Traczyk E, Skorska C, Sitkowska J, Cholewa G, Dutkiewicz J. E xposure to bioaerosols in a municipal sewage treatment plant . Ann Agric Environ Med. 2003;10:241-8.
10. Prazmo Z, Dutkiewicz J, Skorska C, Sitkowska J, Cholewa G. . Exposure to airborne Gram-negative bacteria, dust and endotoxin in paper factories . Ann Agric Environ Med. ;2003;10:93-100. Castañeda y Cols.