

Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda, Bogotá D.C. Colombia

Luis Camilo Blanco Becerra

Ingeniero Ambiental y Sanitario. Universidad de la Salle, Bogotá D.C. Colombia.

e-mail: lblancobecerra@yahoo.com

Resumen

Durante los últimos años, la alta prevalencia de Infección Respiratoria Aguda (I.R.A.) en los menores de 14 años que viven en la localidad de Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C. ha sido relacionada mediante estudios epidemiológicos con las altas concentraciones de PM₁₀ presentes en la misma, que superan o se acercan a la norma de calidad de aire establecida por el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). Es por ello que se realizó una caracterización microbiológica del material particulado en la localidad, empleando el método succión para la recolección de las muestras bacteriológicas, en donde la utilización del equipo Merck Air Sampler (MAS-100), brindó confiabilidad en cuanto a la toma de muestras en el área de estudio. Se identificaron dentro del material particulado, los posibles patógenos oportunistas que viajan en la corriente de aire, los cuales aprovechando los efectos de irritación y laceración de los epitelios causados por las partículas, sumados a la colmatación de la red de cilios que protegen el sistema respiratorio, brindan condiciones apropiadas para que el microorganismo que llega, pueda tener una mayor probabilidad de generar algún problema respiratorio, siempre teniendo en cuenta que la salud del huésped será uno de los factores condicionantes para la ocurrencia o no de la infección.

Palabras Clave: Infección Respiratoria Aguda, material particulado, patógeno oportunista

1. Introducción

La contaminación del aire ha tenido una acentuación en los últimos años en los países en vías de desarrollo, hecho que se apoya en el avance industrial y un deficiente manejo de sistemas de control de la contaminación atmosférica en estas regiones. Todo esto ha conllevado a que este recurso haya sido de interés para diferentes estudios sobre la calidad del aire en importantes capitales mundiales, en donde se han establecido los efectos de los contaminantes atmosféricos en la comunidad, en este caso el material particulado (PM_{10}), evaluando especialmente sus repercusiones en los menores de edad, quienes son más susceptibles a los efectos derivados de los contaminantes.

Un ejemplo de esta problemática se evidencia en la ciudad de Bogotá, donde durante el año 2000, la estación de calidad del aire Merck, del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA), localizada en la localidad de Puente Aranda, excedió la norma diaria de $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecida por el ente, conservándose esta tendencia en el transcurso de los años.

Sumado a esto, la Secretaria de Salud Distrital [4] determinó en el mismo año, que en Bogotá durante el periodo comprendido entre 1986 a 1997 (Tabla 1) la primera causa de consulta externa siempre fueron las infecciones respiratorias, con un peso porcentual promedio de 16,4% del total de estas consultas. Dentro de la localidad, la morbilidad provocada por IRA ocupa el primer lugar con un 29% de las consultas externas en menores de un año, con un 2,1% clasificada como bronquitis, enfisema y asma; igual posición ocupa en el grupo de 1 a 4 años con un 25,2% de consultas por IRA y un 2,9% de neumonías [3].

Las elevadas concentraciones de PM_{10} y la alta prevalencia de I.R.A en la población, fueron correlacionadas mediante dos estudios epidemiológicos: El primero realizado por La Universidad del Bosque en el año de 1997 [1], donde se concluyó que la concentración promedio de PM_{10} en la zona es $98,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual excede la norma de la OMS y la EPA de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un año, con un máximo de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas una vez al año, mientras que en el estudio se encontró valor máximo diario de $456,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se pudo establecer que la alta concentración de PM_{10} en la zona, era un vehículo facilitador para que se presenten problemas respiratorios por bajas concentraciones de NO_2 y SO_2 .

En el segundo estudio llevado a cabo en 1999, el Doctor Iván Solarte e investigadores [5] encontró que las concentraciones de PM_{10} en los sitios analizados, superan el valor máximo anual y diario permitido en la legislación internacional y que un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} produce un incremento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años.

Tabla 1. Evolución de la morbilidad general, Bogotá, D.C. 1986-1999

Causa	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Infecciones respiratorias agudas	7,7	7,7	8	8,2	8,4	9,2	9	8,6	8,3	9,8	10,2	11,1	9,6	9,6
Enfermedades de los dientes y sus estructuras	7,7	7,3	7,7	7,4	7,6	7	7,9	7	7,4	6,5	6,8	7,1	7,2	7,2
Enfermedades de la piel y el tejido celular subcutáneo	5,4	2,1	4,8	5	4,9	4,1	4,6	2,9	4,4	5	3,9	4,3	4	
Enteritis y otras enfermedades diarreicas	3,7	3,8	3,8	4	4,3	4,8	4,9	4,7	4,2	4,6	4,6	4,3	4,2	4,2
Otras enfermedades de los órganos genitales	4,4	4,3	4,3	4,4	4,3	4,1	3,9	3,5	3,3	3,4	3,3	3,1	3,5	3,5
Enfermedades del ojo y sus anexos	2,8	2,7	3	2,8	3,2	3,1	2,5	2,8	3,1	3	3,4	3,6	3,4	3,4
Laceraciones, heridas y traumas	2,5	2,6	2,5	2,7	2,8	3	3,4	3,5	3,2	3,1	3,2	2,8	2,6	2,6
Otras helmintiasis	3,4	3,1	3,1	3,1	3,3	3,2	3,2	2,5	2,8					
Otras enfermedades del aparato respiratorio			2,5	2,7	2,8	2,7		2,7	2,3	2,4	2,5	2,3	2,6	2,6
Otras virosis	2,9	2,8	2,5	2,8	2,7	2,7	2,5		2,4	2,5				
Otras enfermedades del aparato urinario	2,5	2,3					2,5	2,2		2,5	2,5	2,3	2,4	2,4
Enfermedades del oído y de la apófisis mastoide											2,3	2,4	2,4	2,4

Fuente: SIS-103 muestra diaria de consulta médica, 2000

2. Objetivos

- Identificar las diferentes fuentes, tanto fijas como móviles, que generan emisiones de material particulado en la localidad de Puente Aranda
- Identificar las condiciones meteorológicas presentes en la localidad y sus alrededores
- Establecer el factor de riesgo por la presencia de microorganismos dentro del material particulado
- Analizar si existe relación entre material particulado y microorganismos

3. Metodología

3.1 Ubicación de la localidad

Puente Aranda se encuentra ubicada en el centro de la ciudad y limita al norte con la Localidad de Teusaquillo, al oriente con Los Mártires, al sur con Antonio Nariño y Tunjuelito y al occidente con Kennedy y Fontibón (ver Figura 1). La localidad cuenta con un área de 1.724 hectáreas. El uso del suelo es predominantemente industrial, puesto que 700 hectáreas están ocupadas aproximadamente por tres mil instalaciones industriales. La zona residencial ocupa 800 Ha, en la que los estratos socioeconómicos predominantes son el 3 (82,8%) y el 4 (10,8%).

Se encuentra conformada por 70 barrios dentro de los cuales el 35,6% corresponde a vivienda, el 35% a industria y el porcentaje restante a la malla vial y espacio público; presenta una población de 360.908 habitantes (proyección DANE para el año 2000), de los cuales el 25% son niños menores de 14 años y 10% son ancianos.

3.2 Selección de los puntos de muestreo en la localidad

Para la selección de los lugares de muestreo se tuvo en cuenta que fueran representativos tanto dentro del contexto industrial como residencial, además de poder contar en ellos con instrumentos que de una u otra forma suministraran datos confiables. Los sitios seleccionados se relacionan a continuación:

✓ Estación de monitoreo de calidad del aire Merck S.A (Carrera 65 # 10-95). Zona Industrial, Figura 2.

✓ Estación de monitoreo Color Kids Ltda. (Calle 6 # 55-33). Zona Residencial, Figura 3.

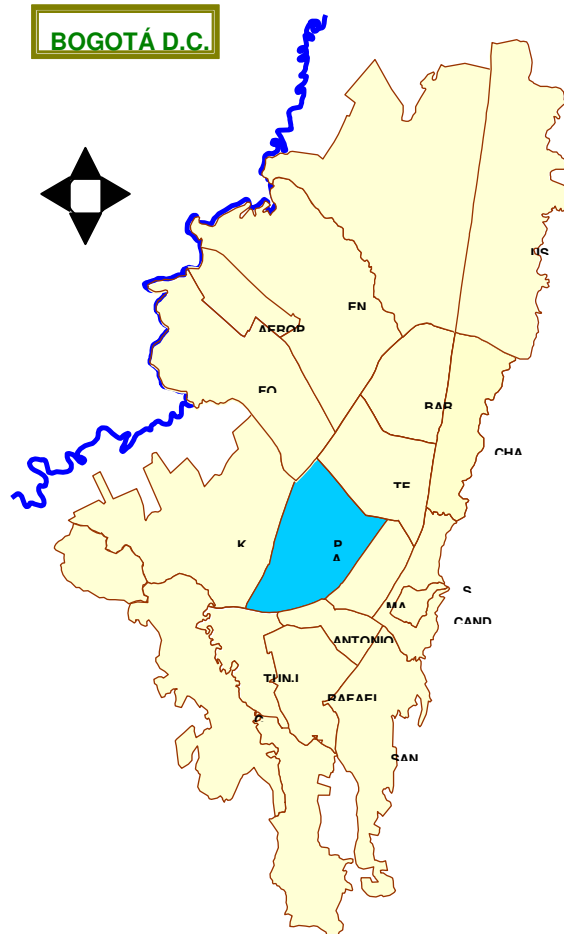


Figura 1: Ubicación Localidad de Puente Aranda en Bogotá D.C



Figura 2: Punto de muestreo Merck S.A



Figura 3: Punto muestreo Color Kids

3.3 Selección de los meses y horas de muestreo

Acudiendo a los valores promedio mensual de los años 2001 y 2002 para PM_{10} de la estación Merck y las condiciones meteorológicas presentes en el sitio, se eligió el primer trimestre del año, para realizar el estudio, teniendo en cuenta las concentraciones registradas en el punto de muestreo (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios mensuales PM₁₀ años 2001 y 2002. Estación Merck.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Año	Promedio Aritmético PM ₁₀ (µg/m ³)											
2001	123	105	126	91	87	65	71	60	89	87	96	110
2002	92	113	112	99	78	78	80	83	109	95	96	98

Fuente: DAMA, 2002.

En cuanto a las horas de muestreo se tomaron los datos horarios de las concentraciones de PM₁₀ en la estación Merck S.A de los meses de Enero a Junio de 2002, con los cuales se determinaron las horas de mayor concentración de partículas. Como resultado de este análisis se concluyó que existen tres periodos en donde se puede presentar el máximo de concentración o concentraciones cercanas al máximo, de importancia dentro del estudio.

- En horas de la mañana la mayor concentración de PM₁₀ se da entre las 8 a.m. y 10 a.m., presentándose generalmente el valor máximo diario.
- De 2 a 4 p.m se encuentran concentraciones altas, pero que no superan el valor máximo diario.
- Finalmente de las 5 p.m en adelante, en especial de las 9 p.m. a las 12 p.m se presentan valores de PM₁₀ altos, que en ocasiones pueden ser los máximos diarios.

Con lo expuesto anteriormente y la posibilidad de acceso a los puntos de muestreo, se estableció que los muestreos serían en dos horarios, uno en las horas de la mañana (8–10 a.m.) en el que existe mayor probabilidad de encontrar la máxima concentración de PM₁₀ diaria y en las horas de la tarde (2–4 p.m) para evaluar otras posibles concentraciones; además se optó por estos horarios teniendo en cuenta las velocidades del viento presente en la estación Merck, que en horas de la mañana presenta baja intensidad (1,5 m/s), mientras que en la tarde son de gran fuerza y velocidad (5,8 m/s).

3.4 Determinación de los medios de cultivo, métodos para la captación de microorganismos y número de muestras por medio de cultivo

Se seleccionaron cinco medios: McConkey, TB Lowenstein-jensen, Sabouraud, Sangre y Chocolate, teniendo en cuenta que deberían cubrir la diversidad de microorganismos presentes en el aire, que presenten un posible riesgo en la salud. Con los medios elegidos, se optó por el método de succión, utilizando para ello el equipo MAS–100 de Merck S.A (Merck Air Sampler), que capta partículas impactantes y respirables, asumiendo que un microorganismo se comporta como una partícula en el aire y éste por sus dimensiones puede catalogarse dentro del rango de PM₁₀.

A continuación se hace una breve descripción del equipo:

Principio básico del equipo: el MAS-100 es un instrumento muy eficaz, basado en el principio de muestreador de aire de Andersen, que aspira el aire a través de una placa perforada. La corriente de aire resultante y las partículas que contienen se dirigen hacia

la superficie de agar de la cápsula de Petri. Después de la toma se procede al cultivo de muestra. El MAS-100 utiliza un soplador de alta potencia y supervisa el volumen de forma continuada. Este sistema mide la corriente de aire entrante y regula el aire aspirado para obtener un caudal constante de 100 litros por minuto. Si la corriente de aire fuese irregular a causa de factores externos, o bien fuera interrumpida o limitada por cápsulas de Petri sobrecargadas, la cantidad de aire sería automáticamente reajustada.

Principales ventajas del MAS-100 (Figura 4):

- Anemómetro incorporado para compensación volumétrica automática.
- Caudal de 100 litros por minuto, cumpliendo con las exigencias impuestas por directivas internacionales.
- La velocidad de los microorganismos sobre la superficie de agar es de 11 metros por segundo; esta velocidad garantiza la recolección de todas las partículas de tamaño superior a 1 μm .
- Medición isocinética 0,45 m/s.
- Detección de fallos en caso de caudal de aire insuficiente.
- Cabezal de acumulación orientable.
- Volúmenes de acumulación de 50, 100, 250, 500 y 1000 litros.



Figura 4. Equipo MAS-100

En cuanto al número de muestras que fueran representativas para el estudio, al indagar con diferentes microbiólogos del Instituto Nacional de Salud, se estableció que el número mínimo de muestras por medio de cultivo debía ser 10 por medio.

3.5 Cronograma de muestreo

Los muestreos se realizaron del 18 de Febrero al 14 de Mayo de 2003 (Tabla 3). Se tomaron 11 muestras por medio de cultivo, en cada punto de muestreo, tanto en horas de la mañana como en la tarde, con un total de 22 muestras por agar al finalizar el estudio.

Tabla 3. Cronograma de muestreo

Mes	Día	Punto de muestreo	Hora	Actividad
	Martes 18		8 a.m. - 10 a.m.	
	Miércoles 19	Merck S.A		
	Jueves 20	Color Kids	2 p.m - 6 p.m.	
Febrero	Viernes 21	Ltda.		
	Martes 4			
	Miércoles 5	Merck S.A		
	Jueves 6	Color Kids		
	Viernes 7	Ltda.		
	Martes 18			
	Miércoles 19	Merck S.A		
	Jueves 20	Color Kids		
Marzo	Viernes 21	Ltda.		
	Martes 8			
	Miércoles 9	Merck S.A		
	Jueves 10			
	Viernes 11			
	Lunes 28	Color Kids		
	Martes 29	Ltda.		
Abril	Miércoles 30			
	Viernes 2			
	Lunes 12	Merck S.A		Toma de muestras
		Color Kids		Equipo MAS-100
Mayo	Miércoles 14	Ltda.		

Fuente: El autor, 2003

3.6 Determinación de la relación partícula-microorganismo

Se utilizaron, conjuntamente con el equipo MAS-100, filtros de celulosa Schleicher & Schuell de 90 mm de diámetro, humedecidos con agua destilada, en cajas de Petri estériles que se colocaron a diferentes horas, para captar las partículas inertes que se encontraban en los horarios de muestreo.

Para determinar la presencia o no de partículas en las muestras, se aplicó la técnica que permite su liberación del papel filtro de celulosa, al sumergir cada filtro en volumen de 25 ml de agua destilada. Lograda la liberación de la partícula, se realizó un estudio

turbidimétrico con el equipo HACH, determinando la turbidez producida en este procedimiento. La razón de utilización de este método fue demostrar que las partículas y microorganismos mayores 1 μm son retenidos en los filtros utilizados en el MAS-100, permitiendo observar una relación entre la cantidad de particulado y el número de colonias visualizadas de hongos o bacterias, desarrollados en los medios.

Para realizar la comparación de lo obtenido en los filtros de trabajo, se preparó un estándar, en 25 ml de agua destilada, adicionando un filtro del mismo lote, que no había sido sometido a succión, por lo que se encontraba sin partículas, para con ello comparar los valores logrados en la lectura del turbidímetro en el procedimiento ya mencionado.

3.7 Identificación de microorganismos

Con las muestras obtenidas, se procedió a realizar los análisis necesarios para su identificación parcial en cuanto a género en el Laboratorio de Química y Biología de la Universidad de la Salle Sede Centro.

Dentro de los procedimientos utilizados para la identificación de los microorganismos, se emplearon las siguientes técnicas y medios selectivos por tipo de microorganismo:

3.7.4 Bacilos Gram Negativos

- ✓ Tinción de Gram
- ✓ Observación de morfología microscópica
- ✓ Pruebas Bioquímicas:
 - *Medio de Citrato (Citrato de Simmons)
 - *Medio de Triple Azúcar Hierro (TSI)
 - *Medio de Lisina Hierro Agar (LIA)
 - *Medio de Rojo de Metilo Voges Proskauer (MRVP)
 - *Medio Urea
 - *Medio de Sulfuro-Indol- Movilidad (SIM)
- ✓ Agar Chromocult agar para coliformes.
- ✓ Agar McConkey para Gram Negativos

3.7.4 Bacilos Gram Positivos:

- ✓ Tinción de Gram
- ✓ Tinción de Val Stoltemberg para corynebacterias

- ✓ Tinción de Zielh Neelsen para micobacterias
- ✓ Observación de morfología microscópica
- ✓ Agar Sangre y Chocolate
- ✓ Agar Mossel para Bacilo cereus.
- ✓ Agar Lowestein Jensen para micobacterias
- ✓ Sistema de anaerobiosis Gas Pack

3.7.4 Cocos Gram Positivos

- ✓ Tinción de Gram
- ✓ Observación de morfología microscópica
- ✓ Prueba de catalasa
- ✓ Prueba de coagulasa para estafilococos
- ✓ Agar Sangre para la observación de hemólisis
- ✓ Agar Baird Parker para estafilococos
- ✓ Agar Manitol Sal común Rojo de fenol para estafilococos
- ✓ Agar para el ensayo de la Dnasa para estafilococos
- ✓ Agar KF para estreptococos
- ✓ Medio Bilis Esculina para estreptococos

3.7.4 Hongos y Levaduras

- ✓ Observación macroscópica para hongos y levaduras.
- ✓ Montaje en fresco de hongos para la observación de morfología microscópica de hongos
- ✓ Tinción de gram para la observación de levaduras

4. Resultados y discusión

4.1. Concentraciones de PM₁₀ y velocidad del viento

En general se observó que las concentraciones de PM₁₀ para los meses de muestreo van en descenso, debido a las velocidades del viento presentes en horas de la mañana y tarde, que garantizan la dilución o concentración del contaminante (Figura 6).

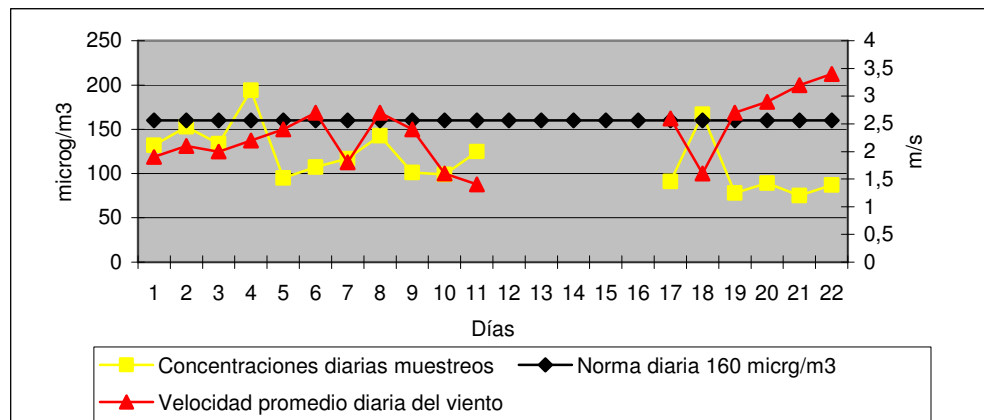


Figura 6. Concentraciones promedio 24 horas PM₁₀ y velocidad del viento promedio para los días de muestreo (Febrero a Mayo 2003).

Fuente: El autor, 2003

Durante los días de muestreo, se excedió en dos ocasiones la norma diaria de 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀ establecida por el DAMA, el día 4 (Febrero 21, valor 194 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el día 18 (Abril 29, valor 167 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que los valores restantes se acercan a la norma, para finalmente presentar una disminución sustancial con respecto a esta, a partir del mes de Abril (día 19 al 22), lo cual se explica con el aumento en la velocidad promedio del viento para los últimos meses de muestreo.

4.2. Relación partícula-microorganismo

Se estableció que existe una relación directa entre la concentración de PM₁₀ y el desarrollo de microorganismos, ya que todos los medios utilizados presentaron mayor desarrollo de colonias en horas de la mañana, donde las concentraciones de PM₁₀ fueron siempre altas, en comparación con horas de la tarde, en el que el crecimiento fue menor.

En cuanto al desarrollo de colonias en los dos puntos de muestreo, se observó un mayor crecimiento de microorganismos en los medios utilizados en la estación Color Kids, en comparación con la estación Merck, lo cual se debe a las fuentes de microorganismos y a la humedad relativa presente en el lugar.

Finalmente, se estableció la existencia de la relación partícula-microorganismo ya que el día 29 de Abril los medios de cultivo y filtros de celulosa utilizados en las horas de muestreo presentaron una marca sobre su superficie debida a la succión generada por

el equipo MAS-100. Se observó que para este día el filtro de horas de la mañana presentó un promedio de 2,02 NTU (Tabla 4), que al compararlo con el estándar (papel filtro sin partículas), muestra una diferencia significativa de 1,47 NTU, lo que representa las partículas que fueron succionadas por el equipo MAS-100, en donde al incubarse cajas de Petri con medio de cultivo en condiciones similares de muestreo, se encuentran partículas de origen biológico, lo que permite la asociación a particulado inerte presente en la muestra (Figura 5).

Tabla 4. Valores turbiedad (NTU) filtros 29 de Abril.

Dato	Promedio										PM ₁₀ (µg/m ³)	Hora	
Filtro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(NTU)	Merck	
Estándar	0,556	0,547	0,542	0,552	0,503	0,571	0,533	0,55	0,57	0,528	0,55	-	-
Mañana	2,19	2,28	2,25	2,09	1,9	2	1,89	1,99	1,82	1,81	2,02	395	9:00 a.m
Tarde	1,51	1,55	1,51	1,55	1,37	1,35	1,34	1,33	1,23	1,21	1,4	163	4:00 p.m

Fuente: El autor, 2003

Al analizar este fenómeno en horas de la tarde, se percibe una diferencia de 0,85 NTU con respecto al estándar, revelando nuevamente las partículas captadas por el equipo, que para esta hora son de menor concentración (163 µg/m³) según la estación Merck, razón por la cual el filtro difiere con aquel de horas de la mañana, en el que la concentración de PM₁₀ fue mayor (395 µg/m³).



Figura 5: Filtros martes 29 de abril

Fuente: El autor, 2003

Mediante lectura de turbidez, se demostró la presencia de partículas en los filtros y, a partir de las marcas dejadas sobre los agaros, que son las mismas presentes en los filtros de celulosa, se observó un desarrollo de colonias de microorganismos.

4.3. Microorganismos encontrados

En total se identificaron 42 microorganismos entre géneros y especies, donde se encontraron Bacilos Gram Negativos como *Pseudomona spp* en un 77% de las muestras, seguido de *Serratia spp* (36%) y *Klebsiella spp* (18%); en cuanto a Bacilos Gram Positivos el único genero encontrado con posible incidencia respiratoria fue *Corynebacteria spp* (68%). Dentro de Cocos Gram Positivos, se identificó *Staphylococcus aureus* (59%) y *Staphylococcus epidermis* (55%). Finalmente se reconocieron géneros de hongos tales como *Penicillium spp* (73%), *Mucor spp* (50%), *Rhizopus spp* (36%) y *Alternaria spp* (23%), que han sido relacionados con alveolitis alérgica dentro de construcciones, relacionándolos con Tablas de asma presentes en la población infantil (Tabla 5) [2].

Tabla 5: Géneros y especies de microorganismos encontrados con incidencia en enfermedades respiratorias.

Microorganismo Encontrados	Tipo	Porcentaje de aparición %	Patógeno Aerotransportado según la Universidad de Pennsylvania	Enfermedad
<i>Serratia spp</i>		36	<i>Serratia marcescens</i>	Infecciones oportunistas
<i>Pseudomona spp</i>		77	<i>Pseudomona aeruginosa</i> <i>Pseudomona pseudomallei</i>	Infecciones oportunistas
<i>Klebsiella spp</i>	Bacteria	18	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Infecciones oportunistas
<i>Corynebacteria spp</i>		68	<i>Corynebacteria diphtheria</i>	Difteria
<i>Staphylococcus aureus</i>		59	<i>Staphylococcus aureus</i>	Infecciones oportunistas
<i>Staphylococcus epidermis</i>		55	<i>Staphylococcus epidermis</i>	Aerotransportado, no respiratorio (?)
<i>Candida spp</i>	Levadura	45	<i>Candida albicans</i>	Aerotransportado, no respiratorio (?)
<i>Rhodoturula spp</i>		41	<i>Rhodoturula glutinis</i> <i>Rhodoturula minuta</i> <i>Rhodoturula mucilaginoso</i>	Alveolitis alérgica
<i>Actinomyces spp</i>	Actinomyce	14	<i>Actinomyces israelii</i>	Actinomicosis

<i>Aspergillus flavus</i>	Hongo	41	<i>Aspergillus flavus</i>	Aspergilosis
<i>Aspergillus niger</i>		18	<i>Aspergillus niger</i>	Alveolitis alérgica
<i>Penicillium spp</i>		73	<i>Penicillium brevicompactum</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Penicillium commune</i> <i>Penicillium corylophilum</i> <i>Penicillium expansum</i> <i>Penicillium glabrum</i> <i>Penicillium olsonii</i>	Alveolitis alérgica
<i>Botrytis spp</i>		32	<i>Botrytis cinera</i>	Alveolitis alérgica
<i>Alternaria spp</i>		23	<i>Alternaria alternata</i>	Alveolitis alérgica
<i>Trichoderma spp</i>		18	<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma viride</i>	Alveolitis alérgica
<i>Mucor spp</i>		50	<i>Mucor plumbeus</i>	Mucormicosis
<i>Rhizopus spp</i>		36	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Zigomicosis

Fuente: Universidad del Estado de Pennsylvania y el Autor, 2003

Otro hallazgo interesante, en cuanto a problemas de salud pública, fue la identificación de *E. Coli* exclusivamente en la zona residencial, además de la presencia de un Bacilo Gram Negativo con características bioquímicas similares a *Shigella spp*. Por último se estableció la presencia de *Bacilo Cereus* y *Clostridium spp* en los dos puntos de muestreo, los cuales son causantes de intoxicaciones alimentarias.

4.4. Determinación del factor de riesgo

Para el cálculo del factor de riesgo en la localidad de Puente Aranda, se empleó la calificación cualitativa de riesgos ambientales, que fue modificada según las necesidades del proyecto.

La calificación de riesgos esta constituida por dos variables muy importantes:

- a. Amenaza. Dentro de esta variable se evalúan los siguientes criterios,
 - Probabilidad: es el número de veces que se puede presentar la amenaza.

- Intensidad: es el grado de daño de la amenaza.
- Frecuencia: corresponde al número de veces que se repite cuando se presenta la amenaza.

b. Vulnerabilidad. Para esta variable se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Organización: estructura orgánica (recursos humanos) para atender la amenaza.
- Tipo de construcciones: se refiere a la calidad de las construcciones, edificios, viviendas, infraestructura, etc.
- Equipos y maquinaria: corresponde a los recursos físicos de apoyo logístico para la atención de la amenaza.

El riesgo se encuentra en función de la amenaza, donde:

$$\text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad} = \text{Riesgo}$$

Dentro del estudio se utilizaron las siguientes variables:

a. Amenaza: Para el cálculo de esta variable se toma únicamente el criterio de frecuencia y se incluyen tres variables que se catalogan como amenazas dentro del área de estudio, las cuales son:

a.1. Concentración de PM₁₀. Para esta variable se estimó el valor de partículas menores de 10 micras durante un mes, con los promedios diarios suministrados por un equipo o estación de calidad del aire, donde además se contempla la frecuencia en cuanto a la concentración del contaminante y la existencia de fuentes fijas y móviles.

Tabla 6: Calificación epidemiológica

Calificación Epidemiológica	Concentración PM ₁₀ µg/m ³
Ningún efecto	0 - 60
Molestia en ojos, nariz, garganta	61 - 160
Problemas Respiratorios	161- 330

Fuente: DAMA, 2003

La calificación epidemiológica (Tabla 6) fue tomada del IBOCA (Índice Bogotano de Calidad del Aire) del DAMA, la cual se ajusta a la norma de 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , establecida para el año 2003. Para la calificación parcial de este indicador, en cuanto a concentración y frecuencia del contaminante, se estableció la escala que se observa en el Tabla 7.

Tabla 7: Calificación parcial concentración de PM_{10}

Concentración PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Frecuencia	Escala Cualitativa
0 – 60	De 1 a 10 veces en el mes	Bajo
0 – 60	De 11 a 20 veces en el mes	Bajo
0 – 60	Durante todo el mes	Bajo
61 – 160	De 1 a 10 veces en el mes	Bajo
61 – 160	De 11 a 20 veces en el mes	Medio
61 – 160	Durante todo el mes	Medio
161- 330	De 1 a 10 veces en el mes	Medio
161- 330	De 11 a 20 veces en el mes	Alto
161- 330	Durante todo el mes	Alto

Fuente: El autor, 2003

En el Tabla 8 se establecen los valores de calificación para la variable de fuentes fijas y móviles, en la cual se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Para fuentes fijas se observaron las industrias que se ubican en la zona de estudio, determinando si en sus procesos productivos generan emisiones contaminantes, que puedan relacionarse con las concentraciones de PM_{10} presentes en la localidad.
- En cuanto a fuentes móviles se calculó el promedio de automóviles que circulan por un lapso de 10 minutos por vías de alto tráfico vehicular, tales como la Avenida de las Américas y la Avenida 68, el cual se obtuvo a partir del estudio realizado por la Universidad del Bosque en el año de 1997 en la Localidad.

Tabla 8. Calificación parcial fuentes fijas y móviles

Fuentes Fijas	Fuentes Móviles (automóviles/10 min)	Escala Cualitativa
No existen fuentes fijas en la zona	Menos de 200 201 - 500 Mas de 500	Bajo Bajo Bajo
Aporte importante de fuentes fijas en la zona	Menos de 200 201 - 500 Mas de 500	Medio Medio Medio
Zona industrial con gran cantidad de fuentes fijas	Menos de 200 201 - 500 Mas de 500	Alto Alto Alto

Fuente: El autor, 2003

Finalmente combinando los resultados de concentración y frecuencia de PM_{10} (Tabla 7 y 8), con el de fuentes fijas y móviles, se fija el valor final para la variable mediante la siguiente escala (Tabla 9):

Tabla 9. Calificación final variable concentración de PM_{10}

Concentración y frecuencia	Fuentes Fijas y Móviles	Resultado
Alto	Alto	Alto
Alto	Medio	Alto
Alto	Bajo	Medio
Medio	Medio	Medio
Medio	Bajo	Medio
Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: El autor, 2003

a.2. Velocidad del viento. Esta variable la evalúa el investigador, ya que los vientos varían según el lugar de estudio y depende de las condiciones meteorológicas. Para obtener los valores de la variable se consiguieron las velocidades presentes en horas de la mañana en el área de estudio, durante un período de un mes y se estableció el

promedio de velocidad para estas horas, determinando el número de veces que se repite esta en el transcurso del mes.

Los valores de velocidad fueron obtenidos de la estación de calidad del aire Merck, en la que se evaluaron los vientos presentes en horas de la mañana (6:00 a.m a 12:00 p.m) durante el primer trimestre del año 2003, con los cuales se fijó la escala de trabajo. En cuanto a la frecuencia, se adoptó la misma escala utilizada en la variable de concentración de PM₁₀. La escala final de calificación de esta variable se observa en el Tabla 10.

Tabla 10. Calificación variable velocidad del viento

Velocidad (m/s)	Frecuencia	Escala Cualitativa
4,1 en adelante	De 1 a 10 veces en el mes	Bajo
4,1 en adelante	De 11 a 20 veces en el mes	Bajo
4,1 en adelante	Durante todo el mes	Bajo
2,1 – 4	De 1 a 10 veces en el mes	Bajo
2,1 – 4	De 11 a 20 veces en el mes	Medio
2,1 – 4	Durante todo el mes	Medio
0 – 2	De 1 a 10 veces en el mes	Alto
0 – 2	De 11 a 20 veces en el mes	Alto
0 – 2	Durante todo el mes	Alto

Fuente: El autor, 2003

a.3. Microorganismos. Para el desarrollo de esta variable se estimaron los tipos de microorganismos que puedan encontrarse dentro de las muestras microbiológicas de aire.

El muestreo debe realizarse durante un mes o puede accederse a datos de un periodo mayor, donde no se observe una gran variación en cuanto a las especies encontradas. La frecuencia de microorganismos se establece en porcentaje, tomando como mínimo un total de 20 muestras (20 días) que equivalen al 100% y en el que la periodicidad de la bacteria se calcula mediante regla de tres.

La escala de calificación cualitativa de esta variable, en la que se incluye el tipo de microorganismos y su frecuencia se observa en el Tabla 11.

Tabla 11. Calificación variable microorganismos

Microorganismos	Frecuencia	Escala Cualitativa
No patógeno	0 – 40 % de la muestras	Bajo
No patógeno	40 – 90 % de la muestras	Bajo
No patógeno	100 % de las muestras	Bajo
Patógeno oportunista	0 – 40 % de la muestras	Medio
Patógeno oportunista	40 – 90 % de la muestras	Medio
Patógeno oportunista	100 % de las muestras	Alto
Patógeno	0 – 40 % de la muestras	Alto
Patógeno	40 – 90 % de la muestras	Alto
Patógeno	100 % de las muestras	Alto

Fuente: El autor, 2003

Para la valoración final de esta variable, se definieron las siguientes escalas con las cuales se establece el valor cualitativo final de la amenaza (Tabla 12).

b. Vulnerabilidad: Ya que ninguno de los criterios de vulnerabilidad aplica dentro del estudio, debido a que consideran recursos humanos y de apoyo logístico que no se emplean para la investigación, se utilizó una variable que hace referencia a los elementos en riesgo en la localidad.

- Estrato poblacional y grupos étnicos. Uno de los aspectos más importantes es la calidad de vida de las personas, pues se tienen en cuenta sus ingresos, cultura, educación, además de la prestación de los diferentes servicios básicos, que inciden en las condiciones sanitarias de los lugares de estudio. Sumado a esto, la evaluación de los grupos más susceptibles a la presencia de enfermedad, permite analizar por medio de esta variable, la vulnerabilidad de la población expuesta.

Para el cálculo de la vulnerabilidad, se utiliza el Tabla 13.

c. Riesgo: Como el riesgo está en función de la amenaza y la vulnerabilidad, se calcula multiplicando los resultados de las dos variables, utilizando la escala de valores contemplada en el Tabla 14.

Tabla 12. Calificación final amenaza

Concentración PM ₁₀	Velocidad del Viento	Microorganismos	Resultado
Alto	Alto	Alto	Alto
Alto	Alto	Medio	Alto
Medio	Alto	Alto	Alto
Alto	Medio	Alto	Alto
Alto	Medio	Medio	Alto
Medio	Alto	Medio	Alto
Medio	Medio	Alto	Alto
Medio	Medio	Medio	Medio
Alto	Medio	Bajo	Medio
Medio	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Medio	Alto	Medio
Alto	Bajo	Medio	Medio
Bajo	Alto	Medio	Medio
Medio	Bajo	Alto	Medio
Alto	Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Bajo	Alto	Medio
Bajo	Alto	Alto	Medio
Alto	Bajo	Alto	Medio
Alto	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Medio	Medio	Medio
Medio	Bajo	Medio	Medio
Medio	Medio	Bajo	Medio
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Medio	Bajo

Fuente: El autor, 2003

Tabla 13. Calificación final vulnerabilidad

Grupos Etáreos	Estrato poblacional	Escala Cualitativa
15 a 59 años	5 en adelante	Bajo
Menores de 14 años y mayores de 60, incluyendo aquellas personas con problemas de inmunodeficiencia e inmunosuprimidos.	5 en adelante	Bajo
15 a 59 años	3 – 4	Medio
Menores de 14 años y mayores de 60, incluyendo aquellas personas con problemas de inmunodeficiencia e inmunosuprimidos.	3 – 4	Medio
15 a 59 años	1 – 2	Alto
Menores de 14 años y mayores de 60, incluyendo aquellas personas con problemas de inmunodeficiencia e inmunosuprimidos.	1 – 2	Alto

Fuente: El autor, 2003

Tabla 14. Calificación Riesgo

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Alto	Alto	Alto
Alto	Medio	Alto
Alto	Bajo	Medio
Medio	Medio	Medio
Medio	Bajo	Medio
Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: El autor, 2003

5. Cálculo del factor de riesgo

a. Amenaza. Para calcular la amenaza se emplearon los datos de meteorológicos y de PM₁₀ de la estación de calidad del aire Merck para el mes de Marzo de 2003.

a.1. Concentración PM₁₀. Durante este mes, los promedios diarios de partículas oscilaron entre 61–160 µg/m³ para 29 días, mientras para los dos restantes se presentó excedencia de la norma. Por lo tanto para esta variable se obtuvo el siguiente valor:

Concentración PM ₁₀ (µg/m ³)	Frecuencia	Escala Cualitativa
61 - 160	Durante todo el mes	Medio

Para las fuentes fijas y móviles se asumen los siguientes valores, teniendo en cuenta que la localidad presenta fuentes fijas importantes en el sector, sumado a tres corredores viales de gran circulación vehicular.

Fuentes Fijas	Fuentes Móviles (automóviles/10 min)	Escala Cualitativa
Aporte importante de fuentes fijas en la zona	201 - 500	Medio

El valor final de esta variable es:

Concentración y frecuencia	Fuentes Fijas y Móviles	Resultado
M	M	M

a.2. Velocidad del viento. Durante el mes de Marzo la velocidad promedio para horas de la mañana fue menor de 2 m/s durante 19 días, mientras para los días restantes fue mayor de 2 m/s.

Velocidad (m/s)	Frecuencia	Escala Cualitativa
0 - 2	De 11 a 20 veces en el mes	Alto

a.3. Microorganismos. Ya que se realizó un análisis durante tres meses de los microorganismos, en el cual no se presentó una gran variación en los géneros y teniendo en cuenta que se cumplió el número mínimo de muestras, se trabajó con los resultados obtenidos durante el estudio. El mayor porcentaje de los microorganismos se ubicó dentro del rango de posibles patógenos oportunistas.

Microorganismos	Frecuencia	Escala Cualitativa
Patógeno oportunista	40 - 90 % de la muestras	Medio

El resultado final de la amenaza es:

Concentración	Velocidad	Microorganismos	Resultado
M	A	M	A

b. Vulnerabilidad. Para el cálculo de la vulnerabilidad se utilizaron los datos suministrados por el DANE de estratos y grupos etéreos predominantes en la localidad, en donde los estratos predominantes son el 3 y 4, mientras que la población que reside constantemente en la localidad está representada por un 25 % de menores de 14 años y un 10 % de ancianos.

El resultado final de la vulnerabilidad es:

Grupos Etéreos	Estrato poblacional	Escala Cualitativa
Menores de 14 años y mayores de 60, incluyendo aquellas personas con problemas de inmunodeficiencia e inmunosuprimidos.	3 – 4	Medio

c. Riesgo. Para el cálculo del riesgo, se hace uso de los valores de amenaza y vulnerabilidad.

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
A	M	A

Con este valor se puede establecer que el factor de riesgo para los habitantes de la localidad, en especial los niños menores de 14 años y mayores de 60 que permanecen allí, se encuentra en un rango alto, ya que aunque los valores de PM_{10} no exceden la norma diaria, si presentan concentraciones altas que constantemente inciden sobre la comunidad y que sumado a las bajas velocidades del viento y los microorganismos encontrados, brindan condiciones para que aumente la probabilidad de presentar problemas respiratorios en la población.

Otro de los factores que afecta la comunidad es la dirección del viento que incide dentro de la zona, pues éste trae el contaminante de sectores como el centro y sur occidente de la ciudad, donde se localizan importantes corredores viales (Carrera 10) y complejos industriales (Cazucá), que conllevan a altas concentraciones de PM_{10} , reflejadas en los altos índices de morbilidad por I.R.A. en la localidad de Puente Aranda.

6. Conclusiones

- Las industrias localizadas dentro de la localidad de Puente Aranda son contribuyentes importantes de emisiones para las concentraciones de PM_{10} medidas en el sector, sin embargo no son la fuente principal del contaminante de estudio, ya que los vientos que se derivan de los sectores centro y sur occidente de la ciudad, contribuyen en gran parte con los valores obtenidos en la estación de calidad del aire Merck S.A.

- Los vientos presentes en horas de la tarde, para el primer trimestre del año, permiten la dilución y dispersión de PM₁₀ en la zona de estudio, lo que limita los episodios de máxima concentración a horas de la mañana y en ocasiones a horas nocturnas, donde la disminución de la temperatura y las condiciones de estabilidad atmosférica son determinantes para la ocurrencia de este fenómeno.

- Mediante los muestreos realizados se pudo comprobar la relación partícula-microorganismo, hecho que se corroboró el día 29 de Abril, en el que los agares y filtros de celulosa, presentaron en su superficie, una marca debida a las partículas que fueron succionadas por el equipo MAS-100, lo cual fue comprobado por análisis de turbidez en los filtros y en donde a partir de las huellas dejadas en los medios de cultivo, se observó un desarrollo de microorganismos.

- Aunque no se identificó *Haemophilus influenzae* y *Streptococcus pneumoniae* que son los causales más importantes de I.R.A. según estudios realizados por el I.N.S., los microorganismos encontrados en los muestreos en general se consideran patógenos oportunistas que, dependiendo de las circunstancias ambientales y del huésped, son capaces de generar problemas respiratorios o afectar la población en diversos aspectos de salud pública.

- La gran diversidad de hongos identificados con antecedentes de patogenicidad, según trabajos realizados por la Universidad del Estado de Pennsylvania, puede justificar parte de los casos de alergias incluidos dentro de las I.R.A.s, donde la partícula al rasgar, irritar y saturar los epitelios, facilitan que el hongo pueda encontrar las condiciones necesarias para la creación de un cuadro alérgico, sin olvidar el estado de salud del huésped.

- El factor de riesgo al que se encuentra expuesta la población, especialmente los niños y ancianos, es alto, ya que factores como las elevadas concentraciones de PM₁₀, que tienen como origen las fuentes fijas y móviles de la localidad y sus alrededores, sumadas a la prevalencia de un gran porcentaje de microorganismos considerados como patógenos oportunistas, brinda condiciones óptimas para la ocurrencia de I.R.A. en la localidad.

7. Agradecimientos

El autor agradece la valiosa colaboración de las siguientes personas:

- Jorge Hernán Otero Zúñiga. Bacteriólogo Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).
- Claudia M. Parra G. Bacterióloga. Maestría en microbiología con énfasis en inmunología y biología molecular. PUJ
- Camilo Guaqueta. Decano Facultad Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de la Salle.

- Robinsón Rodríguez Vásquez. Director Red de monitoreo de Calidad del Aire del DAMA.
- Manuel Cáceres y Lino Páez. Merck S.A.
- Gloria Rey. Directora Laboratorio de virología Instituto Nacional de Salud.
- Leonardo López. Meteorólogo.
- Gabriel Herrera. Ingeniero Sanitario. Master en Ingeniería Ambiental.
- María Alexandra Duran. Epidemióloga.
- Carmenza Robayo. Ing. Sanitaria. Magíster saneamiento básico y desarrollo ambiental

Bibliografía

- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Ambient air pollution: Respiratory hazards to children. Junio 1993.
- BALLESTER, Ferran y TENÍAS, José María. Efectos de la Contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. Rev. Esp. Salud Pública 1999, Vol. 73. No. 2: 109-121.
- BERGEY. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 4 ed.
- BONJS, José César. Monitoreo ambiental: Calidad microbiológica del aire en áreas controladas. Memorias III Congreso Internacional de Microbiología Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana.[CD-ROM]. Bogotá. 2001.
- BROCK. Biología de los microorganismos. 8 ed. Madrid: Prentice Hall. 1999. 986 pag.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Conceptos básicos sobre la meteorología de la contaminación del aire. CEPIS. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/meteoro/cepis.html>
- Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. CEPIS. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial3/e/index.html>
- Orientación para el control de la contaminación del aire. CEPIS. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta2/cepis.html>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 02 de 1982.
- CONANT, Norman F. Micología. 3 ed. México: Ed. Interamericana. 1972. pag. 579

- CORDOVEZ, Juan Manuel. Salud y aire. Memorias II Seminario calidad de aire: Gerencia de la calidad del aire en América Latina: Herramientas y Estudios de Caso. Universidad de los Andes.[CD-ROM]. Bogotá. 2002.
- DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Informe de calidad del aire correspondiente a Diciembre de 2002. Bogotá D.C.: DAMA. 2003.
- Resolución 391 del 6 de marzo de 2001. Norma técnica y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C. Bogotá: DAMA. 2001.
- Síntesis de resultados de la red del aire por contaminantes para el año 2001. Bogotá: DAMA. 2002.
- DE JAWETZ, MELNICK y ADELBERG. Microbiología Médica. Manual Moderno 1996.
- ENVIRONMENTAL HEALTH PROJECT. Air pollution and child health: Priorities for action. Report of a meeting of an EHP technical. Advisory Group on air pollution. Arlington, Virginia. Junio 1997.
- Lowering exposure of children of indoor air pollution to prevent ARI: The need of information and action. Arlington, Virginia. Enero 1999.
- INGENIERÍA AMBIENTAL DE COLOMBIA LTDA. Inventario de fuentes fijas de emisión de contaminantes en la atmósfera en la ciudad de Bogotá. Bogotá: INAMCO. 2001.
- INGENIERÍA DE CONTROL AMBIENTAL LTDA. Estudio de impacto ambiental parte aire. Fase II: Calidad del aire. Bogotá: INECA. 1999.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, GRUPO DE MICROBIOLOGÍA. Vigilancia de los tipos capsulares y de la susceptibilidad antimicrobiana de *Streptococcus pneumoniae* aislado de procesos invasores, en población mayor de 5 años. Popayán: INS. 2002.
- JARAMILLO, Fernando. Aerosoles: Fuentes y caracterización. Memorias I Seminario-Taller Calidad del aire: Fundamentos, técnicas de medición y gerencia. Universidad de los Andes. Bogotá. 2001
- JENNINGS, Robert. Source and control of air pollution. New Jersey: Prentice Hall. 1999. 696 pag.
- KOWALSKI, W. J. Indoor mold growth: Health hazard and remediation. The Pennsylvania State University. [en línea]. 2000. Disponible en Internet: <http://www.arche.psu.edu/iec/abe/molds.html>

- MERCK. Microbiology manual 2000.[CD-ROM].Germany.2000.
- NEVERS, Noel D. Ingeniería de control de la contaminación del aire. McGraw Hill.1997.
- OSTRO, Bart D. Air pollution and health effects. A study of respiratory illness among children in Santiago. Chile: Marzo 1998.
- SECRETARIA DE SALUD–ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFE DE BOGOTÁ. Diagnóstico local con participación social localidad de Puente Aranda. Bogotá, 1998.
- SEOÁNEZ CALVO, Mariano. Tratado de la contaminación atmosférica. Madrid: Ediciones Mundi-prensa. 2002. 1111
- THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. Bioaerosols and bioaerosol dynamics. The Pennsylvania State University. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.arche.psu.edu/iec/abe/bioaero.html>
- THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. Sick building syndrome. The Pennsylvania State University. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.arche.psu.edu/iec/abe/sbs.html>
- THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. The evolution of airborne pathogens. The Pennsylvania State University. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.arche.psu.edu/iec/abe/wjkevo1.html>
- WALKER, T Stuart. Microbiología. México: McGraw-Hill Interamericana. 2000.
- XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. La atención primaria ambiental en calidad del aire y Salud, una experiencia en cuba.

Referencias

- [1] ARISTIZABAL, Gustavo y Col.(1997). Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda. Santafe de Bogotá: Universidad del Bosque. Secretaria de Salud de Bogotá.
- [2] KOWALSKI, Wally y BURNETT Eric. (2001) Mold and buildings. The Pennsylvania Housing Research Center. [en línea].Disponible en Internet: <http://www.bio.psu.edu/people/faculty/whittam/research/BO3001.pdf>
- [3] SECRETARIA DE SALUD–ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFE DE BOGOTÁ. Diagnóstico local con participación social localidad de Puente Aranda. Bogotá, 1998.

- [4] SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD. Diagnostico Distrital de salud de Santa Fé de Bogotá. Bogotá D.C. 2000.
- [5] SOLARTE, Iván y Col. (1999). Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en menores de 14 años en Bogotá. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.