

**CORRELACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS EXISTENTES EN LOS
AMBIENTES INTRA Y EXTRAMURAL PRESENTES EN JARDINES INFANTILES MÁS
Y MENOS INFLUENCIADOS POR FACTORES CONTAMINANTES UBICADOS EN LAS
LOCALIDADES DE FONTIBÓN Y KENNEDY**

ÁNGELA PATRICIA ÁLVAREZ RODRÍGUEZ

GINA HASBLEIDY MESA RUIZ

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.**

2009

**CORRELACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS EXISTENTES EN LOS
AMBIENTES INTRA Y EXTRAMURAL PRESENTES EN JARDINES INFANTILES MÁS
Y MENOS INFLUENCIADOS POR FACTORES CONTAMINANTES UBICADOS EN LAS
LOCALIDADES DE FONTIBÓN Y KENNEDY.**

**ÁNGELA PATRICIA ÁLVAREZ RODRÍGUEZ
Cód. 41002017**

**GINA HASBLEIDY MESA RUIZ
Cód. 41032089**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

**Directora
Gladys Quintero
Bacterióloga**

**Codirector
Hugo Sarmiento
Ingeniero Químico**

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

BOGOTÁ D.C.

2009

Nota de aceptación

Firma de la Directora

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Enero de 2009

DEDICATORIA

Gracias a Dios por permitirme terminar mi carrera con satisfacción,

Gracias a mis Padres y mi hermano por estar ahí siempre,

*Gracias a mi novio Ferney por apoyarme y darme la fortaleza que necesitaba para
continuar en este camino de obstáculos y derrotas.*

*Y en especial esta dedicatoria va para la persona que siempre confió en mí y que siempre
estuvo ahí en los momentos buenos y malos de mi carrera, que Dios la tenga en su santa
gloria Amén.*

ÁNGELA PATRICIA ÁLVAREZ RODRÍGUEZ

*Quiero dedicar este logro primero a Dios por guiarme y darme
la fortaleza para culminar esta etapa de mi vida.*

*A mis padres y hermano por su amor, paciencia, apoyo y compañía incondicional en
cada paso en mi vida.*

*A mi novio Gustavo por ser esa persona que me brindó su amor,
compañía, apoyo durante el transcurso de mi carrera y con quien
pude contar en cada momento.*

*A mis amigos y compañeros de estudio quienes de alguna manera
contribuyeron en mi desarrollo personal y profesional.*

GINA HASBLEIDY MESA RUIZ

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresamos nuestros agradecimientos a:

Gladys Quintero, Directora del proyecto, por apoyarnos y guiarnos constantemente en la realización y desarrollo de la investigación.

Hugo Sarmiento Vela, Codirector del proyecto, por enfocarnos en el propósito de la investigación.

Ingeniera Rosalina González e Ingeniero Oscar Contenido por colaborarnos en el proceso investigativo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

Ricardo Montealegre Director del Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad de la Salle y a los señores Máximo Caicedo reyes, Hoover Varón López y Giovanni Triana Bolaños por la colaboración prestada en los laboratorios.

Las directivas de los Jardines Infantiles Solidaridad por Colombia, Rafael Pombo y Hogar Infantil Timiza por permitirnos trabajar sin contratiempos en sus establecimientos y prestarnos toda la colaboración para la investigación.

Viviana Ramírez y Adriana Meliza Rodríguez estudiantes de Bacteriología de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, por su colaboración y esfuerzo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	2
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. AEROSOLES	8
2.1.1. BIOAEROSOLES	9
2.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN BOGOTA	11
2.1.1. ZONAS CON MAYOR PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN POR MATERIAL PARTICULADO EN BOGOTÁ	12
2.3. PM _{2,5}	15
2.4. APARATO RESPIRATORIO	16
2.5. RELACIÓN ENTRE PM _{2,5} Y ENFERMEDADES RESPIRATORIAS	17
2.6. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA INTRA Y EXTRAMURAL	22
2.6.1. Contaminantes generados en el interior	23
2.6.1.1. Gas para cocinar	24
2.6.1.2. Humo de cigarrillo	24
2.6.1.3. Partículas biogénicas	25
2.6.1.4. Productos químicos	25
2.6.2. Contaminantes generados en el exterior	25
2.7. MICROORGANISMOS EN EL AIRE	27

2.7.1. Tipos de microorganismos	28
2.7.2. Número y distribución de microorganismos	28
2.7.3. Permanencia	29
2.7.4. Supervivencia	29
2.8. MICROORGANISMOS PATÓGENOS, SAPRÓFITOS Y OPORTUNISTAS	32
2.8.1. Patógenos	32
2.8.2. Saprófitos	32
2.8.3. Oportunistas	32
2.9. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CAUSADAS POR LOS MICROORGANISMOS	32
3. RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y LA PRESENCIA DE CONTAMINACIÓN	35
3.1. PRECIPITACIÓN	35
3.2. VIENTO	35
3.3. TEMPERATURA	36
4. METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN	37
4.1. UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO MICROBIOLÓGICO	37
4.1.1. Localidad de Kennedy, Jardín Infantil (Menos expuesto)	38
4.1.2. Localidad de Kennedy, Jardín Infantil (Expuesto)	39
4.1.3. Localidad de Fontibón, Jardín Infantil (Expuesto)	41
4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	43
4.2.1. Recolección de muestras	43
4.2.2. Codificación para la identificación de los muestreos	43
4.3. IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS	45
4.4. RECOLECCIÓN DE DATOS DE PM _{2,5}	45

4.5.	RECOLECCIÓN DE DATOS METEOROLOGICOS	48
4.6.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE ENFERMEDADES E INFECCIONES RESPIRATORIAS EN LOS NIÑOS DE LOS JARDINES INFANTILES OBJETO DE ESTUDIO	49
4.7.	PUNTO DE REFEERENCIA	49
4.7.1.	Puntos de muestreo en Guatavita	51
4.8.	ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS	52
4.8.1.	Correlación de Pearson	52
5.	CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS JARDINES INFANTILES DE ESTUDIO	53
5.1.	Jardín Infantil de Patio Bonito	53
5.2.	Jardín Infantil de Timiza	54
5.3.	Jardín infantil de Fontibón	56
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	57
6.1.	CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS	57
6.1.1.	Concentración de microorganismos de cada jardín de la localidad de Kennedy	58
6.1.2.	Concentración de microorganismos de los jardines infantiles “expuestos” a la contaminación	59
6.1.3.	Concentración de microorganismos de los jardines infantiles frente a la del Punto de Referencia	60
6.1.3.1.	Relación punto de referencia y jardín infantil de Patio Bonito	62
6.1.3.2.	Relación punto de referencia y jardín infantil de Timiza	62
6.1.3.3.	Relación punto de referencia y jardín infantil de Fontibón	64
6.2.	ESPECIES DE MICROORGANISMOS MAS FRECUENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO	65

6.3.	COMPORTAMIENTO DE $PM_{2,5}$ DURANTE LA INVESTIGACIÓN	67
6.3.2.	Comportamiento de $PM_{2,5}$ en Kennedy (Patio Bonito)	68
6.3.3.	Comportamiento de $PM_{2,5}$ en Kennedy (Timiza)	70
6.4.	CORRELACIÓN ENTRE EL $PM_{2,5}$ Y LA CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS INTRAMURALES	73
6.4.1.	Correlación en Fontibón	73
6.4.2.	Correlación en Timiza	74
6.4.3.	Correlación en Patio Bonito	75
6.5.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE EL MUESTREO	78
6.5.1.	Comparación entre la dirección y velocidad del viento y la concentración de microorganismos en la localidad de Kennedy	80
6.5.2.	Comparación entre la dirección y velocidad del viento y la concentración de microorganismos en Fontibón	82
6.6.	CORRELACIÓN ENTRE LA HUMEDAD Y LA CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS	84
6.7.	CORRELACIONES ENTRE LOS FACTORES METEOROLOGICOS Y LA CONCENTRACION DE MICROORGANISMOS	86
6.7.1.	Patio Bonito	86
6.7.2.	Timiza	87
6.7.3.	Fontibón	87
6.8.	SEGUIMIENTO DE IRA Y ERA QUE AFECTAN A NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS UBICADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO	87
6.8.1.	Diario de Síntoma	87
6.8.2.	Reporte individual de prestaciones de salud (RIPS)	90

6.9. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS JARDINES FRENTE A CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS	93
6.9.1. Jardín Infantil de Patio bonito	94
6.9.2. Jardín Infantil de Timiza	95
6.9.3. Jardín Infantil de Fontibón	97
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFIA	101

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Enfermedades bacterianas	33
Tabla 2. Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire	34
Tabla 3. Codificación de las cajas de Petri	44
Tabla 4. Correlación de Pearson para el mes de mayo	72
Tabla 5. Correlación de Pearson en el mes de junio	73
Tabla 6. Correlación en el mes de abril	74
Tabla 7. Correlación en el mes de mayo	74
Tabla 8. Correlación en el mes de mayo	75
Tabla 9. Correlación en el mes de junio	75
Tabla 10. Correlación en el mes de mayo	76
Tabla 11. Correlación con SPSS (indoor)	77
Tabla 12. Correlación con SPSS (outdoor)	78
Tabla 13. Correlación en el mes de junio	78
Tabla 14. Correlación de UFC con factores meteorológicos en Patio Bonito	86
Tabla 15. Correlación de UFC con factores meteorológicos en Timiza	87
Tabla 16. Correlación en el mes de abril	88
Tabla 17. Correlación con SPSS	88
Tabla 18. Correlación en el mes de mayo	89
Tabla 19. Correlación con SPSS	89
Tabla 20. Correlación en el mes de junio	89
Tabla 21. Correlación con SPSS	90

Tabla 22. Correlación en el mes de abril	91
Tabla 23. Correlación con SPSS	91
Tabla 24. Correlación en el mes de mayo	91
Tabla 25. Correlación con SPSS	92
Tabla 26. Correlación en el mes de junio	92
Tabla 27. Correlación con SPSS	92
Tabla 28. Características de los jardines infantiles	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Formación de aerosoles	9
Figura 2. Escala comparativa de tamaños de partículas en micras	10
Figura 3. Contaminación atmosférica visible en Bogotá	13
Figura 4. Contaminación atmosférica en Bogotá	14
Figura 5. Evidencia de la contaminación en Bogotá	15
Figura 6. Aparato Respiratorio	17
Figura 7. Comparación de tamaño de partículas	18
Figura 8. Alvéolos anormales	19
Figura 9. Diferentes clases de microorganismos presentes en el ambiente	28
Figura 10. Mapa general de Bogotá	37
Figura 11. Localización del jardín infantil	38
Figura 12. Ubicación del jardín infantil en Timiza	39
Figura 13. Localización del jardín infantil	40
Figura 14. Ubicación del jardín infantil en Patio Bonito	41
Figura 15. Localización del jardín infantil	42
Figura 16. Ubicación del jardín infantil en Fontibón	42
Figura 17. Equipos MAS 100 Eco y MAS 100	43
Figura 18. Foto cajas de Petri	44
Figura 19. Equipo Low- vol intramural en el jardín infantil de Patio Bonito	46
Figura 20. Equipo low-vol extramural en el jardín infantil de Patio Bonito	46
Figura 21. Equipo low-vol extramural en el jardín infantil de Timiza	47
Figura 22. Equipo Low-vol intramural en el jardín infantil de Timiza	47

Figura 23. Equipo Low-vol intramural en el jardín infantil de Fontibón	48
Figura 24. Equipo low-vol extramural en el jardín infantil de Fontibón	48
Figura 25. Ubicación de Guatavita	50
Figura 26. Panorámica de Guatavita	50
Figura 27. Muestreo intramural Guatavita	51
Figura 28. Muestreo extramural Guatavita	51
Figura 29. Termohigrómetro y MAS 100	52
Figura 30. Entrada salacuna	54
Figura 31. Frente del jardín infantil	55
Figura 32. Parque Timiza	55
Figura 33. Entrada a la salacuna de Fontibón	56
Figura 34. Caja de Petri original para conteo de colonias	57
Figura 35. Zona de juegos en el jardín de Patio Bonito	71
Figura 36. Ubicación de los jardines infantiles y las estaciones de monitoreo	79
Figura 37. Rosa de vientos mes de abril en Kennedy	80
Figura 38. Rosa de Vientos en el mes de mayo para Kennedy	81
Figura 39. Rosa de vientos en el mes de abril para Fontibón	82
Figura 40. Rosa de vientos en el mes de mayo para Fontibón	83
Figura 41. Rosa de vientos en el mes de junio para Fontibón	84
Figura 42. Salacuna en Patio Bonito	94
Figura 43. Corabastos	95
Figura 44. Cerca viva en el jardín de Patio Bonito	95
Figura 45. Salacuna del jardín infantil de Timiza	96
Figura 46. Interior del salón del jardín infantil de Fontibón	97

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. PROTOCOLO DE LABORATORIO

ANEXO B. PRUEBAS PARA IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS

ANEXO C. BITÁCORA DE MUESTREOS

ANEXO D. ENCUESTA REALIZADA EN LOS JARDINES INFANTILES

ANEXO E. PLANO DEL SALÓN DEL JARDIN INFANTIL DE PATIO BONITO

ANEXO F. PLANO DEL SALÓN DEL JARDIN INFANTIL DE TIMIZA

ANEXO G. PLANO DEL SALÓN DEL JARDIN INFANTIL DE FONTIBON

ANEXO. H. UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA POR m³ POR PUNTO DE MUESTREO

ANEXO I. CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS PUNTO DE REFERENCIA

ANEXO J. IDENTIFICACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE BACTERIAS EN CADA PUNTO DE MUESTREO DURANTE LA INVESTIGACIÓN

ANEXO K. MICROORGANISMOS MAS FRECUENTES ENCONTRADOS EN INVESTIGACIONES ANTERIORES

ANEXO L. SUPLEMENTO NUTRICIONAL VITOX

ANEXO M. CONCENTRACIONES DE PM_{2,5}

ANEXO N. DATOS METEOROLÓGICOS

ANEXO O. DIARIO DE SÍNTOMA

ANEXO P. REPORTE INDIVIDUAL DE PRESTACIÓN DE SALUD (RIPS)

ANEXO Q. SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

GLOSARIO

Agar: Gel coloidal formado por hidratos de carbono que forman parte de la composición de un medio de cultivo.

Alvéolos: Los alvéolos pulmonares son los divertículos terminales del árbol bronquial, en los que tiene lugar el intercambio gaseoso entre el aire inspirado y la sangre. Los alveolos son sacos recubiertos en su pared interna por líquido y agente tensoactivo, hay aproximadamente 300 millones de ellos en todo el aparato respiratorio, ubicados en las terminaciones de los bronquiolos pulmonares, también llamados bronquiolos terminales o del final de los bronquios.

Bacillus: (el nombre de un género), se refiere a bacterias gram positivas anaerobias facultativa con forma de bastón.

Bacilo: Bacteria en forma cilíndrica.

Bacteria: un grupo de procariotas filogenéticamente relacionados y distinto de Archaea.

Bioaerosol: contaminantes biológicos en el aire, es decir microorganismos, como virus, bacterias, hongos, protozoos, algas, así como sus metabolitos, unidades reproductoras y materia particulada asociadas con los microorganismos.

Bronquiolos: Los bronquiolos son las pequeñas vías aéreas en que se dividen los bronquios llegando a los alveolos pulmonares. Son cada uno de los pequeños conductos en que se dividen y los bronquios dentro de los pulmones. Los bronquiolos se encuentran en la parte mediana del pulmón. De éstos hay 750.000.000. Es importante destacar que la tráquea lleva el aire a los bronquios, de ahí a los bronquiolos y por último a los alvéolos, y regresa en forma de dióxido de carbono (CO₂) por la misma vía. Este ciclo se continúa sucesivamente para conformar el proceso total de la respiración. No poseen cartílagos, la pared es sólo musculatura lisa.

Caldo nutritivo: Medio complejo constituido por extracto de carne y peptona.

Citoquinas: Las citoquinas son proteínas que regulan la función de las células que las producen u otros tipos celulares. Son los agentes responsables de la comunicación intercelular, inducen la activación de receptores específicos de membrana, funciones de proliferación y diferenciación celular, quimiotaxis, crecimiento y modulación de la secreción de inmunoglobulinas. Son producidas, fundamentalmente, por los linfocitos y los macrófagos activados, aunque también pueden ser producidas por leucocitos polinucleares, células endoteliales, epiteliales y del tejido conjuntivo. Según la célula que las produzca se denominan linfocinas (linfocito), monocinas (monocitos) o interleucinas (células hematopoyéticas). Su acción fundamental es en la regulación del mecanismo de la inflamación. Hay citocinas pro-inflamatorias y otras anti-inflamatorias.

Colonia: Masa visible de células microbianas que se originan a partir de una célula o de un grupo de los mismos microbios.

Cultivo: Microorganismos que crecen y se multiplican en un recipiente que contiene medio de cultivo.

Distal: En el campo de la medicina, se refiere a una parte del cuerpo que está más lejos del centro del cuerpo que otra parte

Epidemia: Aparición de una enfermedad en un número de personas muy elevado, en una región localizada.

Epidemiología: La epidemiología es la disciplina científica que estudia la distribución, frecuencia, determinantes, relaciones, predicciones y control de los factores relacionados con la salud y enfermedad en poblaciones humanas. La epidemiología ocupa un lugar especial en la intersección entre las ciencias biomédicas y las ciencias sociales y aplica los métodos y principios de estas ciencias al estudio de la salud y la enfermedad en poblaciones humanas determinadas. Pero existe también una epidemiología veterinaria y también podría hablarse de una epidemiología zoológica y botánica, íntimamente relacionada con la ecología.

Esporulación: La esporulación es tanto un tipo de reproducción mediante esporas, como el término utilizado para designar la formación (esporogénesis) y liberación de esporas

Factores meteorológicos: conjunto de valores que toman los parámetros meteorológicos en un momento dado, que hacen variar las condiciones atmosféricas de un lugar, tales como precipitación, temperatura, dirección y velocidad del viento entre otros.

Fúngico: Perteneciente o relativo a los hongos.

Hifas: Las hifas son los filamentos que, reunidos, forman el micelio de la mayoría de los hongos.

Hollín: Se llama hollín a las partículas sólidas de tamaño muy pequeño en su mayoría compuestas de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de colores oscuros más bien negruzcos resultantes de la combustión incompleta de un material (madera, carbón, etc). Su aspecto es similar a la ceniza pero con un tono más negro.

Hongo: Organismo eucariótico no fototrofo de paredes celulares rígidas.

Huésped: a aquel organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí, ya sea un parásito, un comensal o un mutualista.

Humedad relativa: Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

Infección respiratoria aguda (IRA): conjunto de infecciones del aparato respiratorio causado por microorganismos virales, bacterianos y otros, con un periodo inferior de 15 días, con la presencia de uno o más síntomas.

Medio de cultivo: Una solución acuosa de varios nutrientes que permite el crecimiento de los microorganismos.

Microorganismo patógeno: Microorganismo que posee factores de virulencia (toxina, adhesina, cápsula) que le facilitan colonizar, proliferar o producir enfermedad.

Microorganismo: Organismo microscópico consistente en una célula o grupo de células. Por razones prácticas, este término incluye también los virus, que no son seres celulares.

Mucinoso: Que contiene o se parece a la mucina, el componente principal del moco.

Neutrófilos: Los neutrófilos, denominados también micrófagos, son glóbulos blancos de tipo granulocito. Miden de 12 a 18 μm y es el tipo de leucocito más abundante de la sangre en el ser humano. Se presenta del 60 al 75%. Su periodo de vida media es corto, durando horas o algunos días. Se caracterizan por presentar un núcleo con cromatina compacta segmentada en 2 a 5 lóbulos conectados por delgados puentes. Su citoplasma contiene abundantes gránulos finos color púrpura, (con el colorante Giemsa) que contienen abundantes enzimas destructoras, así como una sustancia antibacteriana llamada fagocitina, necesarias para la lucha contra los gérmenes extraños.

Orofaringe: La orofaringe, bucofaringe, mesofaringe es una región anatómica que yace en la porción más posterior de la boca, desde el paladar blando hasta el hueso hioides e incluye el tercio posterior de la lengua. La orofaringe es también el lugar por donde transitan los alimentos, líquidos y saliva al ser tragados, desde la boca hacia el esófago. Junto con la boca, la orofaringe emite aire para la vocalización y espiración no nasal; es la vía de paso de los alimentos durante el vómito y participa en la identificación del gusto.

Proteasas: son enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas. Usan una molécula de agua para hacerlo y por lo tanto se clasifican como hidrolasas. Las peptidasas se encuentran naturalmente en organismos vivos, donde se usan para la digestión molecular y la reducción de proteínas no deseadas. Las peptidasas pueden romper ya sea enlaces peptídicos específicos, dependiendo en la secuencia de aminoácidos de la proteína, o pueden reducir un péptido completo a aminoácidos.

Sistema linfático: Es un sistema de vasos paralelo a la circulación sanguínea, que se origina en espacios tisulares del cuerpo llamados capilares linfáticos. Su función es la de actuar como sistema accesorio para que el flujo de líquidos de espacios tisulares vuelva a ser reabsorbido y pase a la circulación sanguínea; también es el encargado de eliminar las toxinas y la conservación de concentraciones proteínicas básicas en el líquido intersticial.

Unidad formadora de colonia (UFC): Crecimiento de un microorganismo sobre un medio de cultivo que se puede visualizar microscópicamente en las muestras para su recuento e identificación.

RESUMEN

La investigación se realizó en tres jardines infantiles, ubicados en las localidades de Kennedy y Fontibón, las cuales presentan mayor contaminación producidas por las industrias, el comercio y el flujo vehicular. En la localidad de Kennedy se realizó la investigación en dos jardines infantiles: uno en el sector de Patio Bonito, denominado “expuesto” por la presencia de alta contaminación como la producida por flujo vehicular, industrial, Corabastos, y el segundo jardín ubicado en el barrio Timiza, considerado “menos expuesto” a la contaminación por estar en una zona residencial y alejada de zonas de alto flujo vehicular. En la localidad de Fontibón, se seleccionó un jardín “expuesto” a la contaminación, debido a su cercanía a la zona industrial de la localidad y a vías principales por donde transitan camiones las 24 horas del día. Los muestreos realizados se tomaron en los meses de abril, mayo y junio de 2008, para determinar la influencia del clima en los niños de los jardines infantiles. Se recolectaron muestras con diferentes medios selectivos, dos veces por semana, semana intermedia, por la mañana y por la tarde, para comparar los resultados con las condiciones ambientales y climáticas de los jardines y sus alrededores. Las muestras fueron llevadas y examinadas en el laboratorio de microbiología de la Universidad de La Salle, donde se realizaron diferentes pruebas bioquímicas para lograr la identificación de hongos y bacterias presentes en el aire de los jardines infantiles. Conociendo esto, se logra determinar la influencia de los microorganismos, correlacionados con los demás factores involucrados en la investigación.

Al comparar los datos de concentración de microorganismos con factores como condiciones meteorológicas o material particulado inferior a 2,5 micras intra y extramural, se evidencia que no hay correlación directa sino que influyen en la presencia de enfermedad en los niños cuando existe sinergia entre ellos. Además las condiciones ambientales de los jardines infantiles son las directas condicionadoras para que los niños se enfermen con más facilidad, debido a que permiten o restringen la influencia de los demás factores.

ABSTRACT

The research was conducted in three kindergartens located in the localities of Kennedy and Fontibon, which represent the major industrial and commercial contamination produced by vehicles. In the locality of Kennedy, the research was conducted in two kindergartens: one in Patio Bonito area, named “exposed” by the presence of high pollution such as that produced by cars, industry and commerce, and the second kindergarten located in the neighborhood Timiza, considered “less exposed” to contamination as it is situated in a residential area. In the locality of Fontibon, a kindergarten was selected as “exposed” to contamination due to its closeness to the industrial zone of the locality and main roads where trucks are mobilized in a daily basis, 24 hours per day. The samples conducted were taken place in April, May and June 2008, in order to determine the influence of climate on children. Samples were collected by using different selective media, twice per week, in the middle of the week and in the morning and afternoon, with the purpose of comparing the results with the environmental and climatic conditions of the kindergartens and their surrounding area. The samples were taken and examined in the laboratory of microbiology at the Universidad de la Salle, where various biochemical tests were conducted to ensure the identification of fungi and bacteria present in the air of the kindergartens. Acknowledge this; it is possible to establish the influence of the microorganisms, correlated with the rest of the factors involved in the research.

By comparing the concentration of microorganisms with factors such as meteorological conditions or particle material less than 2, 5 microns intra and extramural, it is evidence that there is no a direct correlation, but influence on children diseases when there is a synergy between them. Furthermore, the environmental conditions of the kindergarten determine the likelihood of children getting diseases much easier, since they allow or restrict of the influence of the rest of the factors.

OBJETIVOS

General

Correlacionar los microorganismos patógenos existentes en los ambientes intra y extramural presentes en jardines infantiles más y menos influenciados por factores contaminantes ubicados en las localidades de Fontibón y Kennedy entre abril y junio de 2008.

Específicos

- Evaluar las concentraciones de microorganismos de un jardín infantil expuesto (flujo vehicular, industria, comercio) contra uno menos expuesto (zona residencial, parques) de la misma localidad.
- Correlacionar el Reporte “Diario de Síntoma” con la concentración de microorganismos en ambientes intramurales.
- Correlacionar los RIPS (Registro Individual de Prestaciones de Salud) con la concentración de microorganismos en ambientes extramurales.
- Correlacionar las concentraciones de material particulado $PM_{2.5}$ con las concentraciones de microorganismos en ambientes intramurales.
- Correlacionar la concentración de los microorganismos con respecto a regímenes climáticos imperantes durante el periodo de monitoreo.
- Establecer la influencia de las condiciones ambientales intra y extramural de los jardines infantiles frente a las concentraciones de microorganismos.

INTRODUCCIÓN

Según datos del Documento CONPES 3244 de 2003, Bogotá está dentro de las ciudades latinoamericanas con mayor contaminación atmosférica, presentando altos niveles de emisiones tanto de gases y partículas, por fuentes móviles como fijas. El consumo de combustibles fósiles es la principal causa de contaminación del aire en las ciudades, y el 41% del total de las emisiones se generan en 8 ciudades, en su orden: Bogotá con 195 kton de emisiones y Medellín con 124 kton de emisiones, después le siguen Cali, Barraquilla, el Valle de Sogamoso, Bucaramanga, Cartagena y Pereira. Hasta el mes de julio del año 2008 se han reportado como atendidos en las Salas E.R.A, 21.798 casos por Enfermedad Respiratoria Aguda en niños y niñas menores de 5 años¹, quienes son los más vulnerables, debido, a que su sistema inmunológico no está completamente fortalecido. Pero no sólo las emisiones por parte de vehículos e industria son las que causan enfermedades respiratorias en los más pequeños, las condiciones ambientales de los lugares que habitan los niños (hogar y jardines infantiles) pueden incrementar las infecciones y alteraciones en el sistema respiratorio. También es importante la influencia del clima en la respuesta inmune de los niños; los cambios bruscos de temperatura, el no uso de ropa abrigada y la exposición de los niños a las bajas temperaturas aumentan las posibilidades de enfermedades respiratorias. En todos los ambientes existen gran cantidad de microorganismos que causan enfermedades dependiendo de las condiciones del individuo y su entorno, es por esto que se hace necesario conocer la acción de las bacterias y hongos presentes en el ambiente frente a las condiciones ambientales, climáticas y contaminantes de la zona de estudio. El material particulado, en especial el inferior a 2,5 micras, permite la adhesión de microorganismos gracias a sus propiedades fisicoquímicas, esto hace que la contaminación vaya estrechamente relacionada con la presencia de microorganismos.

¹ Secretaria Distrital de Salud. Boletín ERA No. 48. En qué va la morbi-mortalidad por enfermedad respiratoria aguda en el Distrito Capital. Bogotá, 22 de septiembre de 2008

1. ANTECEDENTES

Estudios anteriores e investigaciones recientes concuerdan con que el aire que respiramos tiene diferentes componentes, no sólo los que realmente constituye el aire, sino que además lo acompañan diferentes clases de partículas, microorganismos y otros materiales que pueden causar alteraciones a la salud. Es por esto que se hace necesario investigar cada vez más sobre la influencia de estos elementos externos sobre la salud y calidad de vida de las personas.

El estudio de los microorganismos presentes en el aire es relativamente nuevo, ya que se presentaban alteraciones en la salud de las personas más vulnerables como lo son los niños y ancianos, sin conocer en realidad qué causaba la sintomatología.

En el estudio realizado en Taipei (Taiwan) a principios de 2008, denominado *Modelling control measures to reduce the impact of pandemic influenza among schoolchildren*², los investigadores utilizaron la ecuación de Wells-Riley para cuantificar la susceptibilidad de la persona frente a la exposición al contaminante en ambientes interiores, lo cual puede acarrear una pandemia de influenza en los niños de edad infantil. Realizaron experimentos con diferentes grados de ventilación en el interior con el fin de verificar cuál es la mejor tasa que facilite la respiración en los niños. Encontraron que si se ventila 2 veces en una hora se reduce el número de niños enfermos en un 95%. También encontraron que los niños en edad escolar presentan el mayor potencial de transmisión de enfermedades. Los investigadores concluyen que los mecanismos de transmisión en ambientes interiores, la dinámica de la población y el impacto de los programas de control de la infección, son una poderosa herramienta para predecir el riesgo de una pandemia de influenza entre los niños en etapa escolar.

En el año 2007, en la zona industrial de Nueva Delhi (India) llamada El Shahdara, investigadores examinaron los efectos de los contaminantes en la salud respiratoria en ambientes intra y extramurales en 394 niños en edades entre los 7 y 15 años. En su estudio denominado *Association of Indoor and Outdoor Air Pollutant Level With Respiratory Problems Among Children in an Industrial Area of Delhi, India*³ mostraron que la mayoría de los niños han tenido un historial de problemas respiratorios que incluyen tos (62.7%), producción de flemas (24.4%), problemas para respirar bien (32.0%), silbido en el pecho (25.6%), resfriado común (44.4%) y congestión nasal (43.1%). La asociación de los niveles de contaminantes intra y extradomiciliario muestra que el SO₂ y el NO₂ de afuera son significativamente más altos que las concentraciones dentro. Además, el principal contaminante intradomiciliario es el material particulado suspendido. Los niveles

² S-C CHEN, C-M LIAO. *Epidemiology and Infection*. Cambridge: Aug 2008. Vol. 136, Iss. 8, p. 1035-45 (11 pp.)

³ KUMAR, Raj. *Archives of Environmental & Occupational Health*. Washington: Summer 2007. Vol. 62, Iss. 2, p. 75-80

de material particulado suspendido son significativamente más altos en los hogares de los niños que se han reportado anteriormente como niños enfermos, que en donde no se han reportado casos de enfermedad ni alteración. Los resultados sugieren que tanto las concentración intra y extramural son significativos como factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades respiratorias en los niños.

Entre los años 1992 y 1996 (Guillén) y colaboradores realizaron un estudio para evaluar los efectos agudos de la contaminación atmosférica por SO₂ y partículas sobre la mortalidad diaria en la ciudad de Cartagena (España) en población general y en la de 70 años en adelante. Los investigadores concluyeron que existen asociaciones significativas en las defunciones totales sin accidentes en mayores de 69 años con el valor promedio de partículas, éstas con las defunciones cardiovasculares del mes de mayo a octubre y que en el semestre frío, se encontró asociación estadísticamente significativa positiva en el valor máximo horario diario de las partículas y las muertes, por enfermedades cardiocirculatorias y respiratorias.

Recientes investigaciones realizadas en Austria, Francia y Suiza, (N. Künzli 2000), han demostrado que los índices de morbilidad y mortalidad se han incrementado en los últimos 10-20 años, debido a la exposición a agentes contaminantes en la atmósfera, obteniendo que la contaminación del aire ocasionó el 6% de mortalidad total o más de 40.000 casos atribuibles por año. Cerca de la mitad de toda la mortalidad causada por la contaminación del aire se atribuyó al tránsito motorizado. Se contabilizaron más de 25.000 nuevos casos de bronquitis crónica (adultos); más de 290 000 episodios de bronquitis (niños); más de 0.5 millones de ataques de asma y más de 16 millones de personas restringieron sus actividades.

En la ciudad de Temuco entre los años 2000 y 2002 se estudió a menores de 5 años que acudían por IRA a los Centros de Salud de Atención Primaria Santa Rosa y Amanecer de Temuco⁴. Encontraron que las consultas por faringitis, amigdalitis, resfríos, sinusitis y otitis, ocuparon el primer lugar en ambos consultorios (65.9% y 71.3%, respectivamente) y el síndrome bronquial obstructivo (SBO) ocupó el segundo lugar con porcentajes que fluctúan entre 20.2% a 34.0%. El número de consultas según el período climático del año fueron muy similares: los valores en el otoño fueron de 29.2%, en el invierno 29.6% y en primavera 24.5% para el consultorio Amanecer y se presentó una tendencia similar para el consultorio Santa Rosa. Además obtuvieron que al aumentar la concentración de PM₁₀ en 10µg/m³, se genera un incremento entre el 8% y el 26% en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños entre 5 y 14 años de edad.

En Guadalajara (México) se han investigado acerca de la correlación existente entre los contaminantes atmosféricos y las enfermedades respiratorias en los niños. Encontraron que, pese a que las concentraciones de contaminantes se mantienen por debajo de la

⁴ BARRIOS, S., Peña, F. y OSSES S. Efectos de la contaminación atmosférica por material particulado en las enfermedades respiratorias agudas en menores de 5 años. CIENCIA Y ENFERMERIA X (2): p.21-29,2004. Chile.

norma oficial, el contaminante monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno inciden en la salud de la población infantil del área urbana de Guadalajara. En la mayor parte del día existe exposición potencial de riesgo para la población al aire contaminado con concentraciones fuera de la norma durante algunas horas de ciertos días, lo cual puede influir de manera significativa en el incremento de infecciones agudas de las vías respiratorias superiores.

En la ciudad de México, donde los niveles de contaminación atmosférica registrados son muy altos, se han realizado varios estudios sobre la afectación que producen las partículas del aire sobre las personas. El estudio que se realizó tuvo como finalidad determinar la relación entre consultas por enfermedad respiratoria y la contaminación atmosférica, en donde se tuvieron en cuenta parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa y velocidad del viento⁵. Este estudio fue realizado desde el mes de julio de 1997 hasta diciembre de 1998, en donde se determinó que un incremento en la concentración de PM₁₀ en un promedio de 24 horas incrementa el número de consultas por asma en un 4.97% y un 2.95% las consultas a urgencias por IRA.

También al sur de México, más exactamente en Monterrey, se realizó un estudio, con el fin de determinar la concentración y tipo de microorganismos cultivables suspendidos en la atmósfera de la ciudad por medio de análisis microbiológico de nueve sitios de la ciudad, en donde se tuvo en cuenta la intensidad de la actividad humana, el tráfico vehicular, la dirección del viento, la humedad relativa y la temperatura a dos horas diferentes del día (9 am y 14 pm)⁶. Durante esta investigación se realizaron conteos microbianos de bacterias mesófilas aerobias, coliformes, hongos, cocos gram positivos como *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. La familia bacteriana de mayor frecuencia fue *Bacillus*, en donde se identificaron especies patógenas oportunistas como *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. coagulans* y *B. subtilis*. En cuanto a los hongos se encontró alta frecuencia de especies como *Penicillium* y *Aspergillus*, los cuales han sido clasificados como patógenos oportunistas y de alto riesgo para la salud de los seres humanos, ya que son causantes de alergias en ciertas épocas del año. Se logró establecer que las concentraciones de microorganismos en el aire no mostraron una relación directa con la actividad humana de cada zona, pero sí sus características ambientales como ubicación, grado de urbanización, nivel de vida de sus habitantes, temperatura y humedad relativa.

En la investigación denominada: Monitoreo de material particulado-fracción respirable (PM_{2.5}) en Pamplona (Colombia)⁷, realizada en el 2005, se utilizó como norma para el

⁵ HERNÁNDEZ, TÉLLEZ, SANÍN, LACASAÑA, CAMPOS y ROMIEU. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. Salud pública de México / vol.42, no.4, julio-agosto de 2000. p. 288, 292-296.

⁶ NEVA P. Aida, GARCÍA Hilda, LIBERTAD Leal, YAÑEZ S. Juan Manuel. Microorganismos en la atmósfera de la ciudad de Monterrey. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza., N.L. México.

⁷ QUIJANO Parra, Alfonso / OROZCO, José Alejandro. Monitoreo de material particulado – Fracción respirable (PM_{2.5}) EN PAMPLONA (COLOMBIA) 2005. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Julio, año/vol. 3, número 002 Universidad de Pamplona Bucaramanga, Colombia

PM_{2.5} establecida por la EPA 50 microgramos/metro cúbico para el muestreo diario y para el promedio Geométrico Anual de todas las muestras recolectadas durante el año, la norma de 15 microgramos /metro cúbico. Los resultados sugieren que las concentraciones diarias obtenidas de la fracción respirable PM_{2.5} en la ciudad de Pamplona, no sobrepasan la norma diaria para el PM_{2.5}, sin embargo una gráfica en el que se muestra la proyección del promedio geométrico de todas las muestras obtenidas, se sobrepasa la norma, lo que nos habla a las claras la urgente necesidad de controlar las emisiones producidas por la combustión vehicular de las fuentes móviles que utilizan como combustible el Diesel así como aquellos vehículos que utilizan como combustible la gasolina.

En Bogotá en los últimos años se han venido adelantando una serie de investigaciones por parte de algunas Universidades con el fin de establecer la condición real del ambiente; la Universidad del Bosque⁸, realizó un estudio con componentes descriptivos y analíticos que permitieron establecer la asociación entre contaminación del aire y enfermedad respiratoria. La población estudiada fueron niños menores de 5 años que vivían en un perímetro de 12 cuadras a la redonda del UPA (Unidad Primaria de Atención) de Puente Aranda y que asistían a instituciones educativas del sector. Los contaminantes que se tuvieron en cuenta para el estudio fueron SO₂, NO₂, O₃, y PM₁₀. La concentración de PM₁₀ se asoció con las tasas de tos, sin que se observara relación dosis-efecto. Las altas concentraciones de PM₁₀ no tienen un efecto considerable en la salud, aunque facilita la presencia de problemas respiratorios por niveles de NO₂ y SO₂.

En el año 2004 (Bjorn Larsen) realizó un estudio enfocado en los efectos en la salud provocados por partículas finas (PM₁₀ y PM_{2.5}), en el cual se identificaron los contaminantes y sus concentraciones. Se calculó el número de personas expuestas a la contaminación, y su concentración, se calcularon los impactos de la exposición a la contaminación con base en valoraciones epidemiológicas y por último una vez cuantificados los impactos en la salud se estimó el valor del daño. Como principales resultados se obtuvo que más de un tercio de todos los efectos en la salud están en Bogotá, que es significativamente alto en relación con su población y surge de los altos niveles de PM₁₀ comparado con ciudades como Bucaramanga, Cali y Medellín. □ El costo medio anual de los efectos de la contaminación atmosférica urbana es un total de 1500.000 millones de pesos, en donde alrededor del 65% del costo está asociado con mortalidad, y el 35% con la morbilidad.

Un estudio acerca de la relación existente entre la contaminación atmosférica y las enfermedades respiratorias en niños menores de 14 años en dos zonas de Bogotá (Venecia y Engativá) realizado por la Universidad Javeriana⁹, encontró una asociación de las concentraciones de PM₁₀ y la presentación de síntomas en niños asmáticos y no

⁸ ARISTIZABAL, Gustavo. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda. Universidad del Bosque, Secretaría de Salud del Distrito, Bogotá, 1997.

⁹ SOLARTE, Iván. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años en Santa Fe de Bogotá. Universidad Javeriana. 1999

asmáticos. Esta asociación se da cuando se tiene en cuenta el día concurrente y los 5 días precedentes. Según el modelo en niños menores de 14 años una disminución de la concentración de PM₁₀ en 10µg/m³ produciría una disminución de las consultas en un 17%.

De acuerdo al documento “Características relevantes del material particulado atmosférico¹⁰”, donde el profesor asistente de la Universidad de Los Andes Néstor Rojas, señala que, al aumentar en 10µg/m³ PM₁₀ en Bogotá, se genera un incremento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños entre 5 y 14 años de edad. Dentro de su investigación, relaciona el material particulado con la salud debido a la presencia de diferentes factores que pueden incrementar la toxicidad de la partícula: Sulfatos, Nitratos, Amonio, Cloro, Carbón elemental y orgánico, Minerales, Material biológico, Metales, Ácidos fuertes.

Según el Informe de Morbilidad Atendida en Salas ERA (Enfermedad Respiratoria Agua) entre enero y mayo de 2007 a cargo del Hospital del Sur E.S.E., para el servicio de urgencias se observó un incremento en los casos presentados comparados con el año anterior, puesto que se atendieron un total de 1947 menores de 5 años con patología respiratoria baja, frente a 955 casos presentados en el 2006. Del total de los datos reportados, el 93% (1810) corresponden a la localidad de Kennedy.

A partir de la década de los 90`s, se han realizado algunas investigaciones por varias universidades con respecto a la calidad del aire en Bogotá. Uno de los estudios realizados fue el de Luis Camilo Blanco¹¹, estudiante de la Universidad de La Salle, realizándose una caracterización microbiológica del aire en la localidad de Puente Aranda, en donde se identificaron microorganismos como *Serratia sp.*, *Klebsiella sp.*, *Yersinia sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Shigella sp.*, *Corynebacterium sp.*, *Candida sp.*, *Rhodoturula sp.*, *Aspergillus flavus sp.*, *Aspergillus Niger*, *Penicillium sp.* De las conclusiones a las que llegó el investigador, rescatamos una, la más representativa para nuestra investigación, que aunque no se identificó *Haemophilus influenzae* y *Streptococcus pneumoniae* que son los causales más importantes de I.R.A (según estudios realizados por el Instituto Nacional de Salud), los microorganismos encontrados en los monitoreos 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.

Otra de las investigaciones realizadas en la Universidad de La Salle con respecto a contaminación atmosférica y la presencia de organismos patógenos, fue realizada por las

¹⁰ ROJAS, Néstor Material Particulado atmosférico. Introducción a la problemática de la contaminación del aire por material particulado. Ediciones Uniandes 2005.

¹¹ BLANCO, Luis Camilo. Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. Universidad De La Salle, 2003.

estudiantes Ivonne Rey y Milena Fula en el año 2005¹², el cual consistía en determinar la relación existente entre PM₁₀, condiciones atmosféricas y unidades formadoras de colonia (UFC) con la incidencia en el aumento de enfermedades respiratorias para la localidad de Puente Aranda. Encontraron que durante el período de muestreo se identificaron 50 especies de bacterias, de las cuales, dos corresponden a especies mencionadas en la literatura como especies patógenas de vías respiratorias, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, aunque su frecuencia es baja, la población es susceptible a la exposición, es decir, que existe riesgo potencial de generación de infecciones respiratorias. Dentro de las especies identificadas algunas no son considerados como patógenos de tracto respiratorio, pero factores de riesgo presentes en la población, la hacen vulnerable y estos microorganismos actuarían como oportunistas. La familia Bacillaceae con las especies *Bacillus subtilis* y *Bacillus cereus*, es la de mayor frecuencia. Su presencia se facilita por ser esporulados, resistentes en el medio ambiente, siendo así transportados por el aire.

Complementando las anteriores investigaciones, está la realizada por los estudiantes Fabio Pérez y David Olaya en el 2006¹³, donde se realizó una caracterización cualitativa y cuantitativa de los bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado encontrados en la localidad de Puente Aranda. Se lograron identificar 37 especies bacterianas como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus mirabilis*, las cuales pueden ingresar por vía aérea causando infecciones en diferentes sistemas del cuerpo.

Andrea Cruz y Andrés Jiménez en su trabajo de investigación: Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de Puente Aranda¹⁴, realizaron una evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado en la localidad de Puente Aranda, donde se logró identificar 78 especies bacterianas, de las cuales 13 pertenecen a la familia Bacillaceae, 32 a la familia Coccaceae, 17 a Corynebacteriaceae, 1 a Pseudomonaceae, 3 a Actinomycetaceae y 12 pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae.

La medición de material particulado como PM₁₀ se ha llevado a cabo de manera continua en la ciudad desde la instalación de la red de monitoreo de calidad del aire del DAMA en 1997. Anteriormente, la red de monitoreo de la secretaría de salud del distrito también había monitoreado este contaminante, uno de los definidos como contaminantes criterio a nivel mundial, durante cerca de una década. La medición de PM₁₀ está justificada por su asociación con datos de mortalidad y morbilidad de la población.

¹² REY Y FULA. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda en Bogotá D.C. Universidad de La Salle. 2005.

¹³ PÉREZ Y OLAYA. Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles Relacionados con factores meteorológicos y material Particulado en Puente Aranda Bogotá D.C. Universidad de La Salle. 2006.

¹⁴ CRUZ Y JIMÉNEZ. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos Oportunistas y su relación con material Particulado (pm2.5 y Pm10) en la localidad de Puente Aranda

2. MARCO TEÓRICO

2.1. AEROSOLES

Los aerosoles atmosféricos son pequeñas partículas ($< 100 \mu\text{m}$) sólidas o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera. Además de ser generados por eventos naturales como las tormentas de arena o las erupciones volcánicas, estos aerosoles son también emitidos en grandes cantidades por actividades de origen antropogénico, alcanzando niveles que afectan tanto al clima como a la salud humana. Los efectos en la salud humana se deben al hecho de que los aerosoles inferiores a $10 \mu\text{m}$ pueden ser fácilmente inhalados y por lo tanto son potencialmente dañinos para las funciones tanto pulmonar como cardiovascular¹⁵.

Su composición química, microbiológica (patógenos u oportunistas) y su tiempo de permanencia en la atmósfera son factores importantes para establecer los efectos que puedan generarse en el sistema respiratorio superior e inferior y los efectos que generen en el área de influencia¹⁶.

Los contaminantes aéreos generalmente se clasifican de acuerdo a criterios de tamaño, desde las moléculas gaseosas (de 0.0003 hasta 0.003 nm), a los aerosoles biológicos, minerales y orgánicos (90.01 hasta 1 nm), hasta las hebras de fibra y granos de polvo (de 1 hasta 100 nm). De esta manera, estas partículas (de $< 0.01 \text{ nm}$) frecuentemente se distinguen de las que pueden ser eliminadas por filtración mecánica y las moléculas en la fase gaseosa (de 0.03 nm), las cuales sólo pueden ser eliminadas por medio de procesos fisicoquímicos tales como la catálisis o la adsorción¹⁷.

Los microorganismos se hallan en forma omnipresente en nuestro medio ambiente, pero, de éstos, los que representan el mayor riesgo a la salud son los bioaerosoles. Los bioaerosoles se definen como partículas aéreas constituídas por organismos vivos tales como bacterias, virus, mohos, levaduras, así como los productos de su metabolización. Estos microorganismos son responsables de muchas de las alergias y de las epidemias, además generan problemas serios de salud en las personas susceptibles¹⁸. En la figura 1 aparece la manera en que se forman los aerosoles en el ambiente.

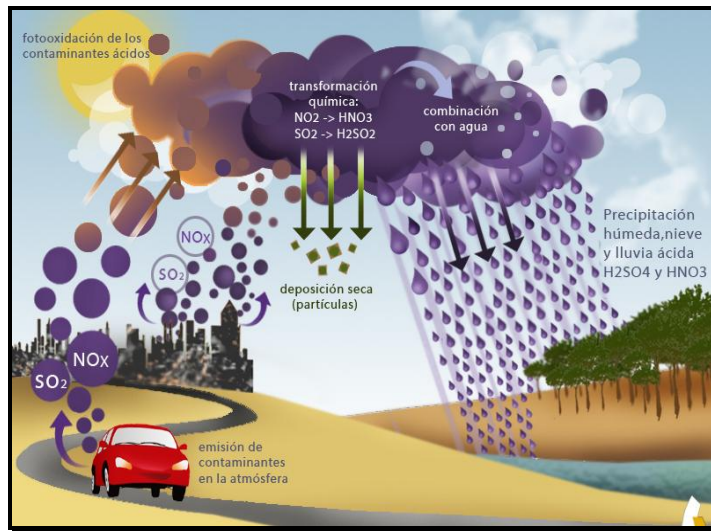
¹⁵ Aerosoles atmosféricos: problemas ambientales. Teresa Moreno. Se puede encontrar en: http://www.aulados.net/Temas_ambientales/Particulado_aereo/Particulado_aereo.pdf

¹⁶ CRUZ Y JIMENEZ. Op. Cit.

¹⁷ <http://imuvair-ca.csa-contact.com/Website/page.asp?id=103&lang=es>

¹⁸ www.pimuvair-ca.csa-contact.com Op. Cit.

Figura 1. Formación de aerosoles



Fuente: www.epmgastech.com/images/cdgas/llacidag

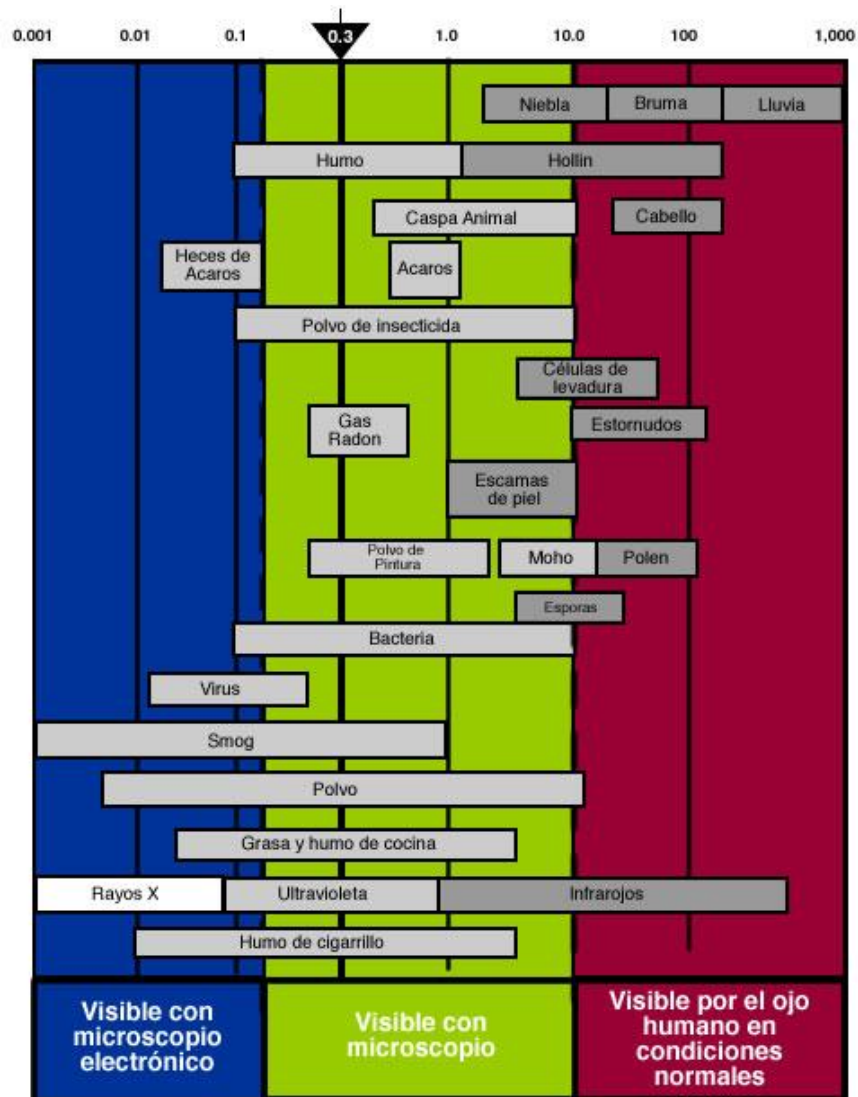
La figura 1 muestra la formación de los aerosoles en la atmósfera, en donde intervienen factores como las emisiones de los autos, de la industria, donde además interactúan la radiación solar y la atmósfera.

2.1.1. BIOAEROSOLES

Los bioaerosoles son generados por una alta variedad de procesos, tanto naturales como humanos, incluyendo la tos, los estornudos, la acción de las olas, el viento, sistemas de ventilación. La inhalación, ingestión, y el contacto dérmico son rutas de contacto con los bioaerosoles, pero la inhalación es la ruta predominante que resulta en efectos adversos para la salud. Microorganismos como *Legionella pneumophila*, *Mycobacterium tuberculosis*, y algunos virus patógenos son conocidos por ser transmitidos por aerosoles. El asma, la neumonitis hipersensible y otras enfermedades respiratorias también están asociadas con la exposición a bioaerosoles.

El deterioro de edificaciones, olores ofensivos y contaminación en general son asociados con la contaminación microbiológica en ambientes intramural, como residencias, oficinas, escuelas, centros de salud, granjas, industrias y lugares de reciclaje. Fuentes y reservorios de microorganismos están presentes dentro de estos parámetros, incluyendo materiales de construcción y mobiliarios, mascotas, plantas, y sistemas de aire acondicionado. Los hongos, los cuales pueden colonizar superficies tanto húmedas como secas como las bacterias, tienden a crecer en una alta variedad de materiales de construcción, como paredes, tejados, tapetes y pisos de vinilo.

Figura 2. Escala comparativa de tamaños de partículas en micras



Fuente: http://www.ductolimpio.com.ve/imagenes/particulas_contaminates

La figura 2 muestra los diferentes rangos de tamaños en los que se pueden encontrar las partículas. Los bioaerosoles se hallan en todos los tamaños, desde 0,001 hasta 1 μm .

La temperatura y la humedad relativa son dos de los más importantes factores que afectan la supervivencia de microorganismos en el aire. En general, las bacterias y los hongos son más predominantes a medida que la rata de evaporación se incrementa, la cual ocurre cuando la humedad relativa decrece y la temperatura se incrementa. El incremento de supervivencia es favorecido por una alta humedad relativa y bajas

temperaturas. El efecto de la humedad relativa varía más con algunos tipos de virus, los cuales sobreviven mejor a alta humedad relativa y otros mejor a baja humedad relativa¹⁹.

Los aerosoles de hollín negro y dióxido de azufre se elevan desde las centrales eléctricas “sucias” y las chimeneas de las fábricas. Otros aerosoles son emitidos por los gases de escape de los automóviles y los motores de las aeronaves.

Los aerosoles son tan pequeños que pueden propagarse por todo el mundo. Pueden causar asma y provocar la lluvia ácida que mata a los peces y a los árboles. Además, desempeñan un papel importante en los cambios climáticos porque absorben y dispersan la luz solar. Los datos enviados por los satélites facilitan la tarea de los científicos que estudian la propagación de los aerosoles y sus repercusiones sobre nuestro planeta²⁰.

2.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN BOGOTÁ

Bogotá, con una elevación de 260 msnm y una temperatura promedio de 13°C, se encuentra ubicada en el puesto 37 entre 110 ciudades en cuanto a niveles anuales de contaminación por PM₁₀ (polvo y hollín), siendo más contaminada que ciudades como Sao Pablo, Río de Janeiro, Barcelona o Los Ángeles²¹. Para el caso urbano de la ciudad de Bogotá, el análisis de información suministrado por el DAMA (Departamento Administrativo del Medio Ambiente) en el Seminario Taller sobre Calidad del Aire realizado en febrero de 2001, dejó entre ver que un 65% de las emisiones de gases contaminantes que se arroja a la atmósfera de la ciudad lo genera el sector vehicular, mientras que el restante 35% se lo añaden a fuentes fijas, siendo el monóxido de carbono el gas contaminante generado por fuentes móviles con mayor aporte, presentado un valor del 99.39%, seguido por los óxidos de nitrógeno (NOx) con un valor del 83%; la parte restante, es decir, el 0.61% de aportes de CO y 16,96% de NOx lo generan las fuentes fijas que se ubican en la ciudad. Lo anterior, trae consecuencias en la salud de los bogotanos ya que la inhalación de dichos gases suele producir enfermedades que atacan los sistemas circulatorio, respiratorio y visual de los habitantes de la ciudad (Ruiz, 2000). El Ministerio del Medio Ambiente reveló al Diario del Espectador en la Sección Ambiental del 26 de febrero de 2000, que Bogotá, es la ciudad con el índice de contaminación más alto en Colombia y que el 70% de esta problemática es originada por el Monóxido de Carbono que producen los automóviles, sugiriendo la urgente necesidad de contar con mecanismos de control de este tipo de contaminación²².

¹⁹ PEPPER, Ian. Environmental microbiology. 2ª ed. Ed. Elsevier Academic Press. 2004. Burlington USA. Pags. 169,170.

²⁰ Agencia espacial europea. http://www.esa.int/esaKIDSes/SEMJG53AR2E_Earth_0.html

²¹ Alcaldía Mayor de Bogotá. 2006. <http://www.bogota.gov.co/portel/libreria>

²² <http://www.ideam.gov.co/files/atlas/Contaminaci%C3%B3n.htm>

Cada año, se arrojan más de dos millones 600 mil toneladas de contaminantes al ambiente de la capital colombiana. El 78 % de esa carga está originado en su mayoría por fuentes móviles como los vehículos -circulan cerca de un millón en la ciudad-, y el 22 % restante por las industrias (fuentes fijas). Así lo establece un estudio que acaba de terminar la facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad de los Andes, contratado por el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).

Si bien es cierto que esa contaminación no ha alcanzado los niveles dramáticos de Ciudad de México, Bogotá está situada como la decimotercera más contaminada del mundo. La polución es tan elevada, que las reducciones de contaminantes alcanzadas por el DAMA en el último año ni siquiera se notan.

Mientras en el 2003 la concentración de partículas suspendidas o material particulado - como el hollín y el polvo- alcanzó un máximo de 246 partes por millón (ppm), en el 2004 ese pico bajó a 203. No obstante, la norma establece que el límite es de 180 ppm y las mediciones del DAMA indican que este fue rebasado por lo menos 39 veces el año pasado²³.

La aparición de contaminantes parece ser, hasta el presente, un subproducto inevitable del desarrollo del hombre. Así pues, desde el momento en que los contaminantes ingresan en la atmósfera desde su fuente, se efectúa una dispersión y transporte natural de los mismos, algunos llegan a reaccionar con otros o ante la presencia del sol o el agua, formando contaminantes diferentes, lo cual se puede observar en los niveles de concentración detectables en un área y su impacto.

La permanencia de estos contaminantes en la atmósfera, varía desde minutos hasta años, dependiendo de sus características físicas y químicas, y de la forma en que se han difundido en ella.

Luego, se eliminan de la atmósfera por acción de la gravedad, por "lavado" como efecto de la precipitación sólida o líquida, por impacto en la superficie o por reacciones químicas.

2.2.1. ZONAS CON MAYOR PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN POR MATERIAL PARTICULADO EN BOGOTÁ

El origen de las emisiones de contaminantes del aire en Bogotá, está directamente relacionado con las actividades del hombre más que con los fenómenos naturales, en particular por los procesos de combustión derivados de lo que se denominan fuentes fijas

²³ http://eltiempo.terra.com.co/bogo/2005-03-13/ARTICULO-WEB-_NOTA_INTERIOR-2008703.html

como las industrias, y fuentes móviles como los automóviles y su desplazamiento por la malla vial²⁴.

Un estudio de la secretaría de Ambiente del Distrito sobre la calidad del aire que se respira en la capital de Colombia, encontró que la contaminación está desbordada en un 30 % con respecto a las normas internacionales. Martha Perdomo, Secretaria de Ambiente, le reveló a Caracol Radio que la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como máxima cantidad de partículas contaminantes en el aire, tolerantes a la salud, 50 microgramos por metro cúbico, un límite que hoy en día Bogotá sobrepasa, con 72 microgramos por metro cúbico. La funcionaria manifestó que las localidades más contaminadas en Bogotá son: Kennedy, Fontibón y Puente Aranda, debido a dos factores: en primer lugar, porque en esas zonas se concentra la mayor parte de las industrias de la capital; y en segundo lugar, porque es por donde se desplaza gran parte del transporte de carga²⁵.

Figura 3. Contaminación atmosférica visible en Bogotá



Fuente: <http://www.drgdiaz.com/eco/salud/fotos>

Puente Aranda es la localidad con el aire más viciado de la ciudad por cuenta de la sobrecarga de elementos contaminantes como hollín, humo y polvo, conocidos entre los técnicos ambientales como material particulado (PM₁₀). Medido en cifras, cada metro cúbico de aire de ese sector contiene 99 microgramos de partículas contaminantes, cuando el parámetro internacional máximo es de 50 y el nacional de 70. La Secretaría de Ambiente tiene claro que esta contaminación proviene de más de 4.200 industrias (de las 14 mil empresas que tienen sede en la zona) que carecen de mecanismos adecuados de manejo de sus calderas y chimeneas, y a las cuales el Distrito no ha logrado meter en cintura en las últimas dos décadas. A lo anterior se suma el aporte de las fuentes móviles (vehículos) y del polvo generado por el mal estado de las vías. Muy cerca de estos niveles de contaminación están las localidades de Kennedy y Tunjuelito con 99 cada una y

²⁴ <http://observatorio.dama.gov.co/index.php?n1=2&n2=21>

²⁵ Calidad Aire: Colombia: La contaminación del aire en Bogotá desborda normas internacionales. 20 octubre de 2007. <http://www.troposfera.org>

Fontibón con 87. La norma dice de Puente Aranda, así como de Kennedy y Fontibón, que son área-fuente de contaminación alta, clase I, por material particulado menor o igual a 10 micras (PM_{10}).

Figura 4. Contaminación atmosférica en Bogotá



Fuente: <http://www.drgdiaz.com/eco/salud/fotos>

Las emisiones de gases y material particulado que se producen en las localidades de Santa Fe, Chapinero, Teusaquillo y Usaquén no solo afectan a los habitantes de esas zonas, sino a los de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón. La razón: los vientos que se desplazan de oriente a occidente arrastran ese material hacia esas localidades, donde la contaminación del aire es crítica. Este es la conclusión de una reciente investigación que realizaron la U. Central y la Alcaldía de Santa Fe. El estudio dice que la contaminación del aire en Bogotá no ha mejorado. Por el contrario, es más crítica y cada año empeora. Puente Aranda recibe las emisiones que genera el centro más las de sus industrias; Kennedy, lo del centro, y Fontibón, lo del oriente, centro, Puente Aranda y las emisiones de buses, camiones y tractomulas²⁶.

En las figuras de las fotografías 1, 2 y 3 se evidencia la contaminación en Bogotá debido a las altas cargas de partículas, gases y aerosoles que son producidos por la industria, el comercio y el tránsito de vehículos.

²⁶ <http://bogotarc.890m.com/?tag=contaminacion>

Figura 5. Evidencia de la Contaminación en Bogotá



Fuente: <http://www.drgdiaz.com/eco/salud/fotos>

La contaminación en horas de la mañana se hace visible desde cualquier punto donde el observador se ubique, se puede ver una zona oscura que cubre gran parte de Bogotá. En las fotografías 1, 2 y 3 se observa esta capa oscura y densa.

2.3. $PM_{2.5}$

Las partículas suspendidas menores de 2.5 micrómetros o $PM_{2.5}$ es un contaminante del aire constituido por material sólido o líquido con diámetro menor de 2.5 milésimas de milímetro.

Las $PM_{2.5}$ son tan pequeñas que resultan invisibles a simple vista, sin embargo, son capaces de dispersar la luz y disminuyen la visibilidad a distancia; permanecen en la atmósfera por largo tiempo y recorren grandes distancias antes de ser removidas. A las $PM_{2.5}$ se les conoce también como partículas finas en suspensión.

En la figura 7 se observa el tamaño de las diferentes partículas como PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{0.1}$, comparado con el diámetro de un cabello humano. Este pequeño tamaño les permite depositarse entre los bronquios y alvéolos, alterando la salud de quienes respiran el aire contaminado.

2.3.1. Fuentes que originan $PM_{2.5}$

Algunas partículas inferiores a 2.5 micras se emiten directamente a la atmósfera, como son las provenientes de la combustión de vehículos diesel y de gasolina. Las partículas inferiores a 2,5 micras se forman también a partir de reacciones químicas de gases

emitidos a la atmósfera formando aerosoles de nitratos y sulfatos y de compuestos orgánicos. En menor proporción contribuyen las fuentes geológicas (suelo) y biológicas (polen)²⁷.

Dentro de la amplia variedad de actividades industriales, los combustibles fósiles representan una importante fuente de materia particulada primaria, especialmente la combustión del carbón. Otras actividades, como la fundición de metales tales como el cobre o el cinc, o bien la producción de cemento, cerámica y ladrillos también representan importantes fuentes de partículas primarias. Además de las partículas primarias emitidas en las chimeneas, en determinados procesos industriales se emiten partículas primarias mediante la manipulación de las mismas en materiales pulverulentos, a estas emisiones se les denominan fugitivas. Actividades como la construcción, minería, determinados procesos en la fabricación de cerámicas o cementos, así como la emisión fugitiva de partículas durante el transporte desde zonas industriales, representan una fuente de partículas asociadas a la manipulación²⁸.

Las fuentes de emisión de estas partículas pueden ser móviles ó estacionarias, destacando que un 77,9% de la cantidad total emitida de PM_{2,5} procede del polvo re-suspendido existente en la atmósfera. La industria, la construcción y el comercio con un 7,6% y el transporte rodado con un 6,5% representan otros focos de contaminación de especial relevancia. Como fuentes minoritarias de contaminación es importante señalar que el 3,7% del total procede de quemas agrícola y un 3,3% es de origen doméstico²⁹.

2.4. APARATO RESPIRATORIO³⁰

El Sistema Respiratorio es el sistema de nuestro cuerpo que lleva el aire (oxígeno) que respiramos hacia nuestro interior para hacer posible el crecimiento y la actividad. El sistema respiratorio se divide en dos sectores:

1. Las vías respiratorias altas o superiores- la nariz, la boca (que también forma parte del sistema gastrointestinal) y la faringe.
2. Las vías respiratorias bajas o inferiores- la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones los cuales son los órganos propios del aparato respiratorio.

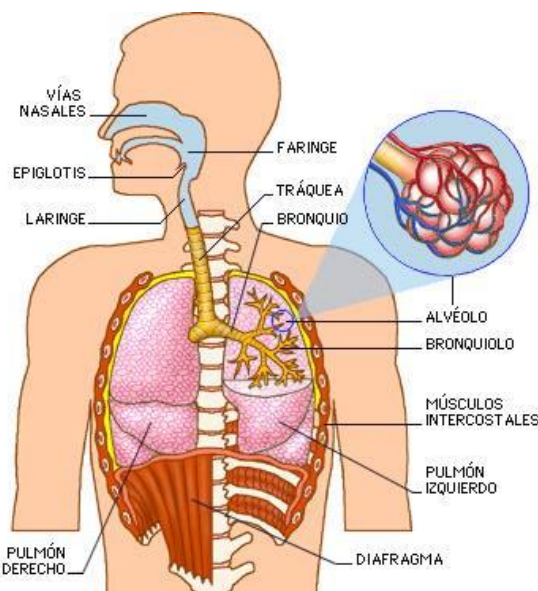
²⁷ La Red de Monitoreo de Partículas PM_{2.5} de la Ciudad de México. <http://www.sma.df.gob.mx/imecaweb/mapas>

²⁸ Análisis de contribución de fuentes en PM₁₀ y PM_{2.5} en un área de fondo urbano con influencia de emisiones industriales (Abanto, Vizcaya). Gobierno Vasco. Aire ambiente. 2003

²⁹ Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. Ministerio del medio ambiente, medio rural y marino. Gobierno de España. 2008. <http://www.eper-es.es/ver.asp?id=1301&Doc=1399>

³⁰ <http://www.pulmon.org/partessr.htm>

Figura 6. Aparato respiratorio



Fuente: <http://www.educa.madrid.org/web/ies>

El aire pasa desde la boca y la nariz hasta los pulmones a través de las vías respiratorias (faringe, laringe, tráquea, bronquios, tubos bronquiales, bronquiólos y finalmente los alvéolos) las cuales se van haciendo cada vez más pequeñas al llegar al pulmón. Al final de cada vía hay unos pequeños sacos de aire como globos que se llaman alvéolos, donde ocurre este maravilloso proceso.

El ser humano realiza 26,000 respiraciones al día en un adulto mientras que un recién nacido realiza 51,000 respiraciones al día. El proceso de respiración consiste de un juego de la inhalación (entrada de aire, oxígeno) y de la exhalación (salida de aire, bióxido de carbono). Este proceso depende en gran manera del trabajo del diafragma. Durante la inhalación se contraen los músculos que levantan las costillas a la vez que se contrae el diafragma. En los alvéolos que están dentro de los pulmones, se produce la fase principal del proceso de respiración, la sangre intercambia bióxido de carbono por el oxígeno que entra cuando inhalamos.

2.5. RELACIÓN ENTRE PM_{2.5} Y ENFERMEDADES RESPIRATORIAS³¹

Las partículas ambientales generalmente caen dentro de una distribución de tres modos: ultrafino (< 0,1 micrones), fino (entre 0.1 y 1 micrones), y grueso (>1 micrones). La Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos y otras agencias alrededor

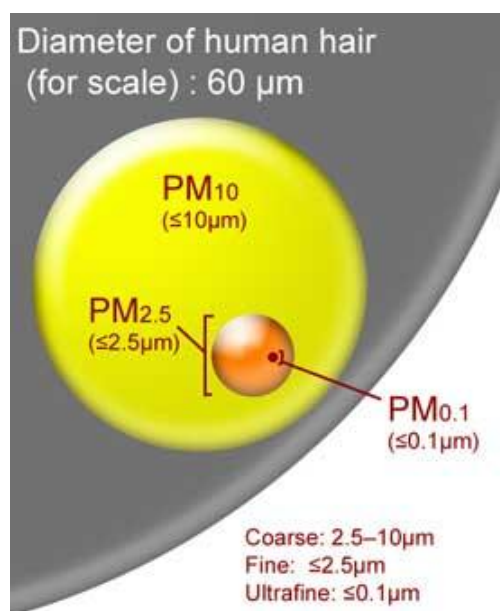
³¹ <http://www.talsa.cl/mp.pdf>

del mundo regulan el nivel de partículas en el ambiente de un diámetro inferior a 10 micrones (MP_{10}). Algunas agencias, incluyendo la EPA de Estados Unidos, también regulan las partículas inferiores a 2,5 micrones de diámetro ($MP_{2.5}$). Un gran número de estudios epidemiológicos en la última década han reportado una relación entre la exposición a corto plazo a MP_{10} y $MP_{2.5}$ y el aumento en la morbilidad y mortalidad, particularmente entre aquellas personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Recientemente, los científicos han comenzado también a investigar los efectos de las partículas ultra finas. Aunque estas partículas contribuyen muy poco a la masa de MP_{10} y $MP_{2.5}$, están presentes en gran cantidad³².

Por ser tan diminutas, las $PM_{2.5}$ pueden ingresar y depositarse en las partes del sistema respiratorio más internas, causando serios daños. Estudios recientes en diferentes ciudades del mundo muestran una asociación directa entre el aumento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ y el decremento de la función pulmonar, el incremento de visitas a salas de hospitales, agravamiento de afecciones pulmonares y cardiovasculares preexistentes, y la muerte prematura en personas que padecen esas afecciones³³.

En la figura 7 se observa el comparativo entre los diferentes tamaños de partículas que puede ingresar al aparato respiratorio y refugiarse en diferentes cavidades.

Figura 7. Comparación de tamaño de partículas



Fuente: <http://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs>

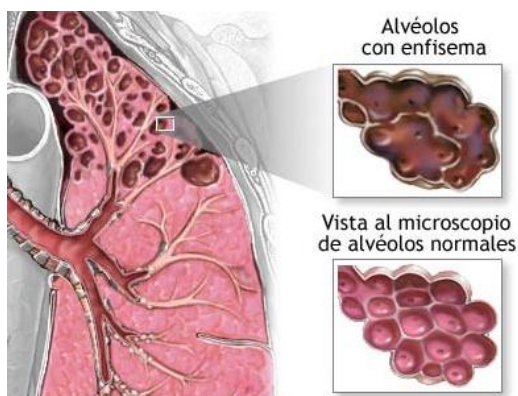
³² <http://www.talsa.cl/mp.pdf>

³³ http://www.sma.df.gob.mx/imecaweb/mapas/descrip_pm.html

Algunas $PM_{2.5}$ se emiten directamente a la atmósfera, como son las provenientes de la combustión de vehículos diesel y de gasolina. Las $PM_{2.5}$ se forman también a partir de reacciones químicas de gases emitidos a la atmósfera formando aerosoles de nitratos y sulfatos y de compuestos orgánicos. En menor proporción contribuyen las fuentes geológicas (suelo) y biológicas (polen)³⁴.

Como se observa en la figura 8, los alvéolos son los más afectados por el material particulado inferior a 2,5 micras. Estas partículas son generalmente ácidas, contienen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares e industriales, y corresponde a la fracción más pequeña y agresiva debido a que éstas son respirables en un 100% y por ello se alojan en bronquios, bronquiolos y alvéolos³⁵. Algunos científicos han propuesto que las partículas ultra finas pueden ser especialmente tóxicas: las partículas más pequeñas tienen un área total de superficie mayor que aquellas partículas más grandes de masa igual, tendrían más probabilidades de penetrar e interactuar con células más profundamente en el pulmón que las partículas más grandes, y se piensa que se mueven rápidamente a tejidos exteriores de las vías respiratorias. Una revisión de los estudios que comparan los efectos de partículas de diferentes tamaños lleva a las siguientes conclusiones: a) estudios epidemiológicos, usando múltiples mediciones de exposición y diferentes períodos, muestran una asociación entre la cantidad de material particulado ultra fino y la mortalidad, función respiratoria, o síntomas respiratorios, pero estos efectos también están asociados a otros contaminantes (sulfatos, $MP_{2.5}$, MP_{10}); b) repetidos estudios de inspiración intra-traqueal indican que las partículas ultra finas inducen a respuestas inflamatorias más fuertes que aquellas partículas de otros tamaños; y c) estudios de inhalación no han producido resultados consistentes, sugiriendo que la composición y solubilidad de las partículas – así como su tamaño- son propiedades importantes.

Figura 8. Alvéolos anormales



Fuente: <http://www.educa.madrid.org/web/ies>

³⁴ http://www.sma.df.gob.mx/imecaweb/mapas/descrip_pm.html

³⁵ <http://www.conama.cl/rm/568/article-1162.html>

El material particulado participaría en:

- Origen de procesos inflamatorios
- Daño funcional en los pulmones
- Aumento en el riesgo de infarto cardíaco
- Efectos sistémicos en todo el organismo a través de la sangre
- Efectos cancerígenos
- Aumento de muertes súbitas

Y por eso las autoridades responsables tienen que tomar medidas para reducir las emisiones cancerígenas al nivel más bajo posible como se hace en otros países del mundo (Estados Unidos, Unión Europea, Suiza entre otros). Para esto hay que usar la mejor tecnología disponible. Aspectos económicos deben pasar a segundo término para garantizar un aire saludable para todos los ciudadanos.

El PM_{2,5} es muy peligroso por su pequeño tamaño, una vez que lo respiramos no sale de nuestro organismo, sino que se acumula poco a poco en nuestro cuerpo. En estas partículas entra una amplia gama de tamaños ("finas" partículas menores de 2.5 µm), que se originan en diferentes fuentes móviles y estacionarias. Las partículas finas (PM_{2,5}) son el resultado de la combustión de combustibles de los vehículos de motor, generación de energía e industrias, así como de hogares y estufas³⁶.

Las partículas de diámetro menor a 2,5 micras, agrupan partículas generalmente ácidas, que contienen hollín y otros derivados de las emisiones de vehículos e industriales, y corresponde a la fracción más pequeña y agresiva debido a que éstas son respirables en un 100% y por ello se alojan en bronquios, bronquiolos y alvéolos. Son las que causan mayor daño y las más peligrosas respecto de la salud de las personas. Esto porque pueden impactar en la parte más noble de las vías respiratorias como lo es el alvéolo, donde se realiza la función de intercambio gaseoso (la respiración), alterando los mecanismos defensivos del organismo, actuando como "factor condicionante", y facilitando el ingreso de microorganismos, como bacterias o virus, que son la "causa necesaria" o "indispensable" para producir las llamadas IRAs, Infecciones Respiratorias Agudas, altas o bajas, según el segmento anatómico afectado. Las partículas finas pueden estar constituidas o transportar metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos u otros elementos nocivos, los cuales pueden expresarse en daño a la salud a más largo plazo, pueden estar presentes en las partículas el plomo, arsénico, berilio, cadmio, mercurio, sulfatos, nitratos e hidrocarburos policíclicos aromáticos³⁷.

En cada división anatómico-funcional del sistema respiratorio existen diferencias funcionales estructurales. Desde la laringe a los bronquiolos existe una mucosa con epitelio mucociliar, que elimina efectivamente alrededor de 80% del polvo que penetra a

³⁶ <http://www.secretariadeambiente.gov.co/diasincarro2007/pregunta1.php>

³⁷ <http://es.geocities.com/ecored2000/hollin.html>

través de fosas nasales. En casos severos de enfermedad respiratoria crónica, dicha mucosa, sufre cambios metaplásicos de tipo escamoso y mucinoso, que alteran el transporte de las partículas. Las porciones terminales de las vías aéreas están recubiertas de epitelio de células cuboides o planas, las cuales pueden sufrir cambios estructurales y funcionales por exposición a sustancias tóxicas y humo del cigarrillo. La inhalación de sustancias tóxicas produce acumulación de macrófagos en los alvéolos pulmonares (dependiendo de la sustancia) y variable número de neutrófilos, los cuales producen citoquinas, proteasas, y compuestos oxigenados; respuesta, que altera la permeabilidad de la mucosa, y facilitan la penetración de tóxicos a la sangre y los tejidos.

La mayoría de las partículas que se acumulan en fosas nasales y orofaringe son expectoradas o deglutidas. Las partículas que penetran a los pulmones, son eliminadas por el sistema mucociliar y los macrófagos, o son derivadas al sistema linfático.

La vida media para la eliminación de la mayoría de las partículas extrañas al sistema respiratorio, oscila entre 20 a 30 días; mientras que las sustancias remanentes pueden requerir años.

La deposición y distribución de los tóxicos inhalados depende fundamentalmente de las características de las partículas (tamaño y solubilidad en agua, entre otras) y el tipo de estructura o células lesionadas³⁸.

Las partículas más grandes (de 3 a 10 micrómetros de diámetro) tienden a ser depositadas en las partes más externas del sistema respiratorio, desde las que fácilmente pueden ser devueltas a la garganta y salir al exterior.

Cada día se les da más importancia a las partículas de menor tamaño, que pueden tener unos 100 nanómetros de diámetro, porque su tamaño está en el mismo orden de magnitud que las moléculas de ADN (2.5nm) y los glóbulos rojos (800nm). Por esta razón pueden llegar a las partes más profundas de los pulmones e incluso alcanzar la circulación sanguínea, produciendo enfermedades cardiovasculares.

La composición química de las partículas es la responsable de la mayor parte de su toxicidad. La composición puede determinar la forma en que el cuerpo y el sistema respiratorio reaccionan frente a ellas. Los contaminantes tóxicos de la atmósfera muchas veces se adhieren a otras partículas sólidas que flotan en el aire, en este caso las partículas actúan como transportadores de sustancias tóxicas como pesticidas, metales pesados, toxinas...etc, que consiguen llegar así hasta el interior de los pulmones y ser absorbidos por la sangre y los tejidos³⁹.

³⁸ Diagnóstico y manejo de las enfermedades broncopulmonares de origen ocupacional
<http://www.estrucplan.com.ar/articulos>

³⁹ http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2__Part_culas/-_Las_part_culas_y_el_sistema_respiratorio_3jh

La gran cantidad de tiempo que los óxidos de azufre y los óxidos nítricos permanecen en el aire, permite las transformaciones químicas que producen los aerosoles ácidos, los cuales tienden a ser de tamaño fino ($<2,5\ \mu\text{m}$). Se ha mostrado, en estudios con animales y humanos, que la inhalación de ácido sulfúrico altera las defensas contra las ERA, impidiendo la limpieza mucociliar en el área bronquial y la actividad fagocítica de los macrófagos del pulmón.

Los efectos biológicos de las partículas inhaladas están determinados por sus propiedades físicas y químicas, los sitios de depósito y los mecanismos mediante los cuales aquéllas lesionan el pulmón. Debido a su tamaño pequeño (partículas finas), los aerosoles ácidos ambientales tienden a depositarse en la vía y el espacio del pulmón distal. Los conocimientos actuales sobre la toxicidad de las partículas subrayan el papel que desempeña la acidez de las mismas y su capacidad para inducir una inflamación en los sitios lesionados.

2.6. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA INTRA Y EXTRAMURAL

Las condiciones ambientales dentro de los hogares, industrias, oficinas, establecimientos comerciales, centros educativos, etc. son muy diferentes a lo que sucede en el aire del exterior. Dependiendo del parámetro que se requiera estudiar, las concentraciones intra y extramurales van a variar.

La calidad del aire que se respira y las consecuencias que esta calidad tiene para la salud de los seres humanos, están influenciadas por varios factores. Estos factores incluyen emisiones peligrosas de materiales en interiores y en el exterior, las condiciones meteorológicas y de ventilación, así como los procesos de degradación y eliminación de los contaminantes.

Apenas recientemente se ha aceptado que el aire del medio en interiores es un reflejo del aire y de las condiciones del exterior. El impacto causado por el humo de los fumadores de cigarrillos, la operación de estufas y hornos, las emanaciones procedentes de diversos tipos de cemento y otros materiales para construcción, son a menudo las determinantes más significativas de la calidad del aire en interiores.

Las concentraciones de contaminantes en hogares, centros educativos o lugares de trabajo son diferentes tanto en el interior como en el exterior. Una típica relación entre las concentraciones de SO_2 intramural y extramural en el ambiente es de aproximadamente 0,3-0,5, en un área de concentraciones altas. La relación de O_3 es de aproximadamente 0,1-0,2. En lugares ventilados esta relación es de 0,6-0,7. Para el NO_2 , un gas relativamente reactivo, las relaciones intra y extramural que son menores o cercanas a la unidad son típicas de residencias que no tienen fuentes adentro. En hogares donde cocinan con gas, los niveles de NO_2 intramural exceden los niveles extramurales. Las

partículas son consideradas más altas intramural que extramural, siendo la primera razón el humo de cigarrillo, para la presencia de partículas⁴⁰.

2.6.1. Contaminantes generados en el interior

La contaminación del aire en el interior de las viviendas, de los edificios públicos y de las oficinas deriva, en su mayor parte, de las actividades de los ocupantes y la utilización de aparatos y equipos eléctricos, así como productos químicos de emisiones causadas por materiales estructurales o decorativos, factores térmicos y de la penetración de contaminantes externos los cuales predominan en las guarderías y habitaciones infantiles. Los contaminantes interiores más importantes son el humo del tabaco, los productos de la desintegración del radón, el formaldehído, las fibras de amianto, los productos de combustión (como los NO_x, SO_x, CO, CO₂ y los hidrocarburos aromáticos) y otros productos químicos de uso doméstico. La OMS declaró la presencia en el interior de los edificios varios contaminantes microbiológicos del aire, como moho y hongos, virus, bacterias, algas, pólenes, esporas y sus derivados.

Los contaminantes emitidos en la atmósfera no quedan confinados a la zona próxima a la fuente de emisión ni al medio ambiente local, sino que pueden ser transportados a largas distancias, cruzar fronteras y crear problemas ambientales a escala regional y mundial. Unos de esos problemas es la deposición ácida. La vigilancia a escala mundial de la química de la precipitación pluvial indica claramente en grandes zonas de América del Norte y Europa que las precipitaciones son alrededor de 10 veces más ácidas de lo normal.

Los mecanismos por los que los contaminantes emitidos fundamentalmente el SO₂ y los NO_x se transforman en sustancias acidificantes, tanto en la fase gaseosa como en la líquida, son complejos y no se conocen cabalmente. La concentración y la distribución de depósitos ácidos, húmedos y secos, están determinadas por la interacción de muchos procesos, por ejemplo el transporte y la dispersión de los contaminantes originarios⁴¹.

Las fuentes que se pueden encontrar al interior son de diferente índole, que dependen de las actividades realizadas dentro y de los procesos que se lleven a cabo.

⁴⁰ JENNINGS, Heinsohn. Indoor air quality engineering: environmental health and control of indoor pollutants. New York : Marcel Dekker , 2003

⁴¹ HERNÁNDEZ ALVIDREZ, Elizabeth, YURIKO FURUYA, María Elena. EMFERMEDADES RESPIRATORIAS PEDIÁTRICAS. Editorial EL manual moderno. 2002

2.6.1.1. Gas para cocinar

El gas para cocinar, debido a la combustión, presenta altos niveles de CO, CO₂, NO, NO₂ y partículas. Traynor (1982), ha reportado niveles de CO en la cocina de aproximadamente 20-25 ppm en los primeros 15 minutos de operación.

La mayoría de los hogares bogotanos tienen como medio de cocción el gas natural, el cual contiene etano, metano, CO₂ y vapor de agua, principalmente. Estos gases perjudican a los habitantes de lugar, debido a que afectan el sistema respiratorio de las personas, en especial de los más vulnerables como los son los niños y los ancianos.

2.6.1.2. Humo de cigarrillo

Algunos de las más importantes componentes o materiales asociados con el tabaco son las partículas respirables, nicotina, nitrosaminas, hidrocarburos policíclicos aromáticos, CO, CO₂, NO_x, acroleína y formaldehído. La exposición frente a la concentración de los componentes del cigarrillo depende de factores como el tipo y número de cigarrillos consumidos, el volumen del cuarto donde se está fumando, la rata de ventilación y la proximidad a la fuente⁴².

El humo de tabaco contiene tanto material particulado (la mayoría del cual está dentro del rango respirable (< 1 µm) como componentes gaseosos. A pesar de que el fumar de modo voluntario se ha considerado dañino para la salud (HEW, 1.979), todavía no se han establecido relaciones específicas de dosis a efecto entre el humo del tabaco y los efectos en la salud. No obstante, existe considerable evidencia experimental y epidemiológica que pone de relieve la asociación entre fumar involuntariamente y las condiciones adversas para la salud. Los niños que viven en hogares donde los padres fuman han mostrado efectos pulmonares adversos cuando se les compara con los que viven en casas donde nadie fuma (Tager y colaboradores, 1.989). El hecho de que los padres fumen parece ser causa del aumento de enfermedades respiratorias de niños en su primer año de vida (Harlap y Davis, 1.974; Colley y colaboradores, 1.974; Leedor y colaboradores 1.976).

Las concentraciones encontradas en casi todos los hogares se relacionan con riesgos de cáncer pulmonar, que varían de 0.2 al 1%.

Pero el tabaquismo merece mención especial ya que el consumo se ha incrementado en las mujeres y son las que pasan la mayor parte del tiempo con los menores de edad y la problemática de enfermedad respiratoria ha tenido una sustanciosa elevación. Diversos investigadores han encontrado que los hijos de padres que fuman presentan más problemas de infecciones, de hiper-reactividad bronquial y alteraciones funcionales respiratorias, lo que afecta las actividades intelectuales y sociales del núcleo familiar.

⁴² JENNINGS, Heinsohn. Indoor air quality engineering: environmental health and control of indoor pollutants. New York : Marcel Dekker , 2003

El grado de lesión a la vía aérea en la infancia se relaciona con la concentración de la nicotina en el ambiente, lo cual fue expuesto en 1985 en donde se estudiaron las concentraciones de nicotina de 569 escolares no fumadores que estuvieron expuesto por sus familiares al humo del cigarrillo, los resultados demostraron que cuando el padre era el único fumador, la cantidad de nicotina vertida equivalía a 30 cigarrillos por año; en caso de que fuera la madre se incrementaría a 50 cigarrillos al día y si ambos fumaban la cantidad se incrementaba a 80 cigarrillos al año, lo cual influía en la presencia de enfermedades respiratorias en los escolares⁴³.

2.6.1.3. Partículas biogénicas

Estas son partículas de origen biológico, esto incluye bacterias, hongos, virus, amebas, polen, algas, partes de plantas, partes de insectos, saliva, orina, caspa y polvo orgánico. La exposición a partículas biológicas puede resultar en un número de casos de enfermedades como la influenza, tuberculosis, y resfriados.

El moho es también una causa significativa de alergias comunes y asma. Las esporas y los fragmentos hifales son típicamente dispersados por corrientes de aire. Las especies comúnmente reportadas incluyen *Cladosporium*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Rhodotorula*⁴⁴.

2.6.1.4. Productos químicos

Dentro de los hogares, industria, oficinas y demás lugares cerrados hay gran cantidad de fuentes de VOCs (compuestos orgánicos volátiles), HAPs (hidrocarburos aromáticos policíclicos), COPs (Contaminantes Orgánicos Persistentes) y demás compuestos químicos que perjudican la salud de las personas que habitan en él. A nivel intramural, se utilizan muchos productos para la limpieza como detergentes, ambientadores, químicos, plaguicidas, los cuales emiten sus vapores al aire y son respirados por los seres humanos.

Estos compuestos son corrosivos –irritan las vías respiratorias y pulmonares-, cancerígenos y tóxicos, que dependiendo de la exposición a ellos, repercute en diferentes niveles en la salud de las personas.

2.6.2. Contaminantes generados en el exterior

La contaminación del aire en exteriores es un riesgo para la salud en los centros urbanos de los países de América Latina. Los problemas más comunes son los derivados de las altas concentraciones de MP, ozono; además, existen problemas puntuales por las altas concentraciones de CO, COV, NOx, SO₂ y metales pesados, causadas a su vez por el

⁴³ HERNÁNDEZ ALVIDREZ, Elizabeth, YURIKO FURUYA, María Elena. Enfermedades respiratorias pediátricas. Editorial EL manual moderno. 2002. Pág.44

⁴⁴ HERNÁNDEZ ALVIDREZ, Elizabeth. Op. Cit. Pág. 46

aumento de la urbanización y del número y tipo de vehículos en circulación, así como las tecnologías que se utilizan en las industrias.

El medio aéreo bogotano presenta niveles variables de degradación ambiental, generada por la contaminación por gases y polvo, por ruido y por la polución visual.

Entre los contaminantes, el monóxido de carbono (CO) y el ozono (O₃) presentan localmente concentraciones muy altas, por encima de los niveles permisibles. Los demás contaminantes se encuentran en concentraciones medias inferiores a los límites permisibles, si bien los óxidos de nitrógeno (NO_x) presentan sus valores más altos (Promedios entre 60 y 101 ppb) a lo largo de las vías de mayor tráfico vehicular. La contaminación es especialmente crítica en las horas de la mañana con su pico hacia las 8:00 a.m., salvo el ozono que presenta su pico con un retraso de dos horas 10:00 a.m., en relación con el pico del tráfico automotor, con la escasa fuerza matutina de los vientos y con la frecuencia ocurrente de inversiones térmicas en las primeras horas del día.

La circulación de vehículos es la principal fuente de contaminación de la ciudad por óxidos de nitrógeno (83%).

La industria es la principal fuente de contaminación por óxidos de azufre (82%) y polvo (79%). La baja presión atmosférica, las bajas velocidades de circulación, la avanzada edad del parque automotor y el exceso de vehículos en las calles (con respecto al número de pasajeros), el desorden del tráfico y la falta de regulaciones y los medios del control del tránsito son algunos de los factores que influyen en la importancia del tráfico vehicular como fuente de contaminación. A su vez los tipos de combustibles utilizados, la baja altura de las chimeneas y el bajo nivel de control son factores que contribuyen a los altos volúmenes de emisión observados en las industrias⁴⁵.

Las fuentes de emisión a nivel extramural son de diferentes clases. Primero va a depender si son fuentes fijas o móviles. Dentro de las fuentes fijas encontramos las industrias, el comercio en locales y almacenes y como fuentes móviles la principal fuente es el sector vehicular, seguido de puestos de venta de comida ambulantes. Las emisiones de los automóviles contienen CO, NO_x, hidrocarburos, COVs y partículas de diesel entre otras.

Las condiciones climáticas como la temperatura, la humedad, el sol y el viento, influyen en la generación y transporte a distancia de estos contaminantes.

⁴⁵ YANG, Raymond. Toxicology of Chemical Mixtures. Case Studies, Mechanisms, and Novel Approaches. 1994. Ed. Academic Press. San Diego, California. 720 págs.

2.7. MICROORGANISMOS EN EL AIRE⁴⁶

La atmósfera no tiene una microbiota autóctona, pero es un medio para la dispersión rápida y global de muchos tipos de microorganismos. Aunque la atmósfera es un ambiente hostil para los microorganismos, en la troposfera inferior se encuentran un gran número de ellos. Las nubes poseen agua, intensidad de luz y concentración de CO₂ suficiente para permitir el crecimiento de los microorganismos fotoautótrofos. En zonas industriales, puede haber, incluso, la suficiente concentración de sustancias orgánicas en la atmósfera que permita el crecimiento de algunos microorganismos heterótrofos (Atlas y Bartha, 2002).

Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y su dispersión en la atmósfera. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar. Los microorganismos dispersados en el aire tienen una considerable importancia biológica. Varias enfermedades del hombre y los animales, víricas, bacterianas y fúngicas se transmiten por la atmósfera y a menudo se producen brotes epidémicos. Además, los microorganismos por su metabolismo o transformando la materia orgánica, son la fuente principal de los gases producidos biológicamente en la atmósfera: amoníaco, óxido nítrico, óxido nitroso, sulfhídrico, anhídrido carbónico. Aunque las cantidades emitidas son insignificantes con respecto a las emitidas por el hombre o la industria, pueden contribuir a producir deterioros en algunos ambientes y materiales, como pinturas y el mal de la piedra de los monumentos o corrosión de metales.

Muchos microorganismos que viven en la hidrosfera y litosfera pueden encontrarse en el aire. Son microbios alóctonos, procedentes del suelo, agua y seres vivos que pueblan estos ambientes. Los movimientos del aire y de los seres vivos son los que sitúan a los microorganismos en la atmósfera. Junto al suelo hay una capa laminar de aire que impide el fácil paso de microorganismos del suelo al aire. Para que pasen se necesita una fuerte corriente de aire que levante polvo del suelo o agua de sus depósitos (mares, ríos...). También las plantas los lanzan en sus movimientos de dehiscencia y diseminación (polen, esporas...) y los animales en los actos respiratorios normales y anormales (estornudos).

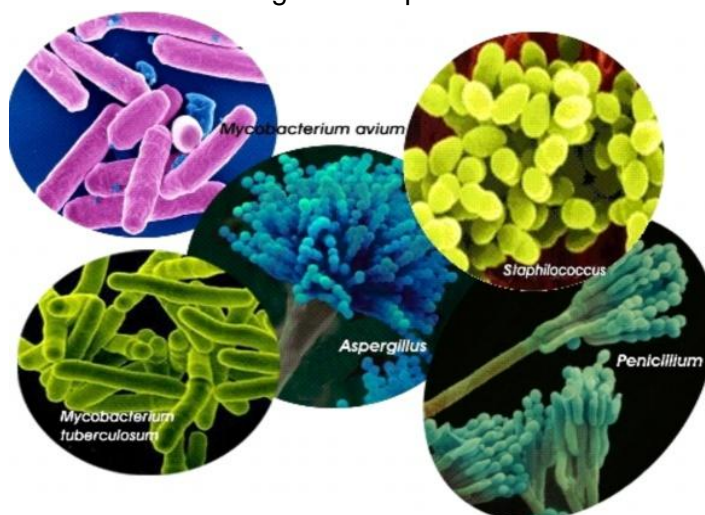
A menudo, tanto las esporas como los microorganismos vegetativos entran en la atmósfera como bioaerosoles, que pueden formarse por muchas causas: lluvia, movimiento del agua en los ríos y mar, tratamiento de aguas residuales, aspersores de riego, aire acondicionado o secreciones respiratorias del hombre y de los animales.

⁴⁶ M. C. de la Rosa, y otros El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. <http://www.ucm.es/> Observatorio Medioambiental. Vol. 5 (2002): 375-402

2.7.1. Tipos de microorganismos

El aire contiene en suspensión diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos. Algunos microorganismos se encuentran en forma de células vegetativas, pero lo más frecuente son las formas esporuladas, ya que las esporas son metabólicamente menos activas y sobreviven mejor en la atmósfera porque soportan la desecación. Las producen hongos, algas, líquenes, algunos protozoos y algunas bacterias. En el aire se aíslan frecuentemente bacterias esporuladas de los géneros *Bacillus*, *Clostridium* y *Actinomicetos*. Entre las bacterias también son muy frecuentes los bacilos pleomórficos Gram positivos (*Corynebacterium*) y los cocos Gram positivos (*Micrococcus* y *Staphylococcus*). Los bacilos Gram negativos (*Flavobacterium*, *Alcaligenes*) se encuentran en menor proporción y disminuyen con la altura (Gregory, 1983; Pelczar et al., 1993). *Cladosporium* es el hongo que predomina en el aire, tanto sobre la tierra como sobre el mar, aunque también es frecuente encontrar otros mohos, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Mucor* (Takahashi, 1997) y la levadura *Rhodotorula* (Underwood, 1992). Se han descrito numerosos géneros de algas aisladas del aire procedentes del suelo y de lagos eutróficos. Así mismo, amebas de vida libre como *Naegleria* y *Acanthamoeba* pueden ser aerolizadas de forma natural (lagos, manantiales termales) o artificial (sistema de aire acondicionado) (Stetzenbach, 1997).

Figura 9. Diferentes clases de microorganismos presentes en el ambiente



Fuente: http://www.sagan-gea.org/hojared_biologica/paginas

2.7.2. Número y distribución de microorganismos

El número de microorganismos de la atmósfera cambia según la altura, obteniéndose el más alto junto al suelo, sobre todo en los dos metros inferiores, que constituyen el microclima del hombre, disminuyen hasta los 200 metros y luego se hacen más escasos

hasta los 5.000 metros, su presencia es rara hasta el límite de la troposfera y no se encuentran en la estratosfera. El número de microorganismos del aire en las zonas pobladas depende de la actividad en esa zona, tanto industrial o agrícola, como de los seres vivos y la cantidad de polvo. En las zonas con clima seco, el aire contiene numerosos microorganismos y el número desciende después de la lluvia debido a que ésta los arrastra por lavado del aire. Hay variaciones estacionales en el número de microorganismos en la atmósfera. Los hongos son típicamente más abundantes en verano que en el resto del año, mientras que las bacterias son más abundantes en primavera y otoño debido a factores como la temperatura, humedad relativa del aire, exposición a la luz solar, etc.

2.7.3. Permanencia

El tiempo que permanecen los microorganismos en el aire depende de la forma, tamaño y peso del microorganismo y de la existencia y potencia de las corrientes aéreas que los sostengan y los eleven. Son factores adversos los obstáculos, que al oponerse a los vientos, disminuyen su velocidad y su potencia de arrastre, y las precipitaciones, que arrastran al suelo las partículas suspendidas. La sedimentación de los microorganismos por gravedad sólo es importante en el aire en calma. Generalmente, hay demasiadas turbulencias para que esto suceda, excepto en zonas de vegetación densa, donde la velocidad del viento disminuye, o en condiciones estables durante la noche, cuando la capa laminar limitante alcanza varios metros de altura. El impacto que sufren las partículas del aire cuando encuentran un obstáculo, es mayor cuando partículas grandes inciden a altas velocidades hacia objetos pequeños. Las superficies húmedas o viscosas retienen mejor las partículas y una vez depositadas, no son re-suspendidas fácilmente. El lavado del aire por la lluvia termina rápidamente con el proceso de dispersión, siendo diez veces más eficiente que la sedimentación y la impactación. Su eficacia está en función del radio de las gotas de lluvia y de las velocidades terminales de la gota y de la partícula. La lluvia disminuye exponencialmente la concentración de partículas del aire con respecto al tiempo, tardando más las de mayor tamaño. Gregory y Monteith (1967) demostraron que el 72 % de las partículas de 4 μm permanecían en el aire después de 120 minutos. Algunos microorganismos, incluidos bacterias, virus y hongos, son capaces de viajar grandes distancias sin perder viabilidad.

2.7.4. Supervivencia

Las condiciones físico-químicas de la atmósfera no favorecen el crecimiento ni la supervivencia de los microorganismos por lo que la mayoría solo pueden sobrevivir en ella durante un breve período de tiempo. Las esporas son las formas de vida con mayor supervivencia y tienen varias propiedades que contribuyen a su capacidad para sobrevivir en la atmósfera, principalmente su metabolismo bajo, por lo que no requieren nutrientes

externos ni agua para mantenerse durante largos períodos de tiempo. Algunas esporas tienen paredes gruesas que las protegen de la desecación y otras son pigmentadas, lo que las ayuda contra las radiaciones ultravioleta. Su escasa densidad les permite permanecer suspendidas en el aire sin sedimentar. Algunas son muy ligeras e incluso contienen vacuolas de gas y otras tienen formas aerodinámicas que les permite viajar por la atmósfera. Además, las esporas se producen en número muy elevado y aunque muchas mueran en la atmósfera, el éxito de unas pocas asegura la supervivencia y dispersión de los microorganismos. La supervivencia de las bacterias es variable, debido a su diversidad estructural y metabólica. En general, las bacterias Gram positivas son más resistentes que las Gram negativas ya que su pared celular es más gruesa. Por ejemplo, en aire seco algunas especies de *Bacillus* y *Clostridium* son capaces de sobrevivir más de 200 años, *Mycobacterium* un mes y *Salmonella* sólo diez minutos (Potts, 1994).

Para que un microorganismo subsista en el ambiente requiere ciertas condiciones ambientales. Los principales factores que intervienen para la supervivencia de los microorganismos son: Humedad relativa, temperatura, oxígeno, materia orgánica y radiaciones.

— Humedad relativa:

Es el factor más importante. Cuando la humedad relativa del aire decrece, disminuye el agua disponible para los microorganismos, lo que causa deshidratación y por tanto la inactivación de muchos de ellos. La desecación puede causar una pérdida de viabilidad en las capas más bajas de la atmósfera, especialmente durante el día. A mayores altitudes, las condiciones son más favorables por la evaporación y algunas esporas pueden germinar en las nubes. La humedad relativa de la atmósfera varía de un 10-20 % en las regiones desérticas. El límite menor para el crecimiento de hongos es del 65 %. Las bacterias requieren una mayor humedad. Las Gram negativas resisten peor la desecación que las positivas; esto se refleja en que existe poca evidencia de transmisión por el aire de bacterias Gram negativas, con la excepción de *Legionella* (Lidwell, 1990).

— Temperatura:

Está muy relacionada con la humedad relativa, por lo que es difícil separar los efectos que producen ambas. La temperatura en la troposfera varía de 40°C cerca de la superficie, a 80°C en las capas altas, alcanzándose temperaturas de congelación entre 3-5 km. La congelación no destruye los microorganismos pero no pueden multiplicarse. Diversos estudios muestran que el incremento de la temperatura disminuye la viabilidad de los microorganismos (Mohr, 1997).

— Oxígeno:

Se ha observado una correlación negativa entre la concentración de oxígeno y la viabilidad, que aumenta con la deshidratación y el tiempo de exposición. La causa de la inactivación podría ser los radicales libres de oxígeno.

— Materia orgánica:

La atmósfera contiene muy poca concentración de materia orgánica, y en la mayoría de los casos, es insuficiente para permitir el crecimiento heterotrófico. El agua disponible es escasa por lo que, incluso el crecimiento de microorganismos autótrofos está limitado.

— Radiaciones:

La inactivación que producen en los microorganismos depende de la longitud de onda e intensidad de la radiación. Las de longitud de onda corta (rayos X, rayos γ) contienen más energía, son ionizantes y alteran o destruyen el DNA de los microorganismos. Otros factores, como la humedad relativa, concentración de oxígeno y la presencia de otros gases, influyen en el efecto que producen las radiaciones sobre los microorganismos. La forma de interacción es poco conocida, pero la desecación y congelación pueden proteger a los organismos de las radiaciones. La exposición a radiaciones de corta longitud de onda, como la luz ultravioleta, es la principal causa de pérdida de viabilidad de los microorganismos que entran en la atmósfera. Las radiaciones ultravioletas aumentan con la altura, debido a una menor retención, lo que causa mutaciones y la muerte de los microorganismos. Algunos se protegen de los efectos letales de la radiación por los pigmentos que producen, así como por el polvo y las gotas de saliva y moco, debido al escaso poder de penetración de la luz ultravioleta. En la estratosfera hay una capa con una gran concentración de ozono que mata a los microorganismos, pero al mismo tiempo, actúa absorbiendo la radiación ultravioleta. Por todas estas razones, la estratosfera constituye una barrera para los microorganismos vivos procedentes de la troposfera.

— Otros factores:

Diversos estudios mostraron que el aire atmosférico producía un mayor grado de inactivación que el aire inerte obtenido en el laboratorio. La causa podría ser las reacciones entre el ozono y las olefinas debido a una combinación de factores que incluyen concentración de contaminantes e iones en el aire, humedad y fluctuaciones de la presión, al conjunto de los cuales se les llama factores del aire abierto (Mohr, 1997).

2.8. MICROORGANISMOS PATÓGENOS, SAPRÓFITOS Y OPORTUNISTAS

2.8.1. Patógenos

Los microorganismos patógenos son los que dañan al hombre directamente por invasión o lesión. Las bacterias patógenas son una de las principales causas de las enfermedades y de la mortalidad humana, causando infecciones tales como el tétanos, la fiebre tifoidea, la difteria, la sífilis, el cólera, intoxicaciones alimentarias, la lepra y la tuberculosis.

Cada especie de patógeno tiene un espectro característico de interacciones con sus huéspedes humanos. Algunos organismos, tales como *Staphylococcus* o *Streptococcus*, pueden causar infecciones de la piel, pulmonía y neumonía, sin embargo, estos organismos son también parte de la flora humana normal y se encuentran generalmente en la piel o en la nariz sin causar ninguna enfermedad⁴⁷.

2.8.2. Saprófitos⁴⁸

Los microorganismos saprofitos son aquellos totalmente inofensivos ya que poseen una nutrición heterótrofa y que se realiza a partir de restos de materia orgánica a la que descompone por fermentación o putrefacción. Por lo general resultan beneficiosos.

2.8.3. Oportunistas⁴⁹

Los microorganismos oportunistas son aquellos, en principio no patógenos, que pueden producir enfermedades cuando las defensas del hospedador se ven debilitadas por unos u otros motivos (otra enfermedad, por ejemplo).

2.9. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS CAUSADAS POR LOS MICROORGANISMOS

Gran número de infecciones humanas y animales se transmiten por el aire y causan enfermedad, principalmente, en el aparato respiratorio. Las enfermedades respiratorias tienen una gran importancia socioeconómica ya que se transmiten fácilmente a través de las actividades normales del hombre, son las más frecuentes en la comunidad y el motivo más importante de ausentismo laboral y escolar. No hay que olvidar que una persona, a lo largo de su vida, respira varios millones de m³ de aire, gran parte del cual contiene microorganismos. Se calcula que se inhalan al día una media de diez mil microorganismos, pero el hombre posee eficaces mecanismos de defensa para evitar que invadan el aparato respiratorio. Se caracterizan por su tendencia a causar epidemias,

⁴⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Bacterias>

⁴⁸ http://www.pediatraldia.cl/junio2005/proceso_infeccion.htm

⁴⁹ http://perso.wanadoo.es/sancayetano2000/biologia/pags/tema5/tema5_3.htm

siendo más frecuentes durante el otoño y el invierno, cuando las personas se reúnen en recintos cerrados. Los microorganismos causales se transmiten por las secreciones de la nariz y la garganta y son diseminados por la tos, los estornudos y la conversación pudiendo alcanzar una velocidad de 300 km/h.

Tabla 1. Enfermedades bacterianas

ENFERMEDADES	GÉNEROS Y ESPECIES
Amigdalitis, faringitis, bronquitis, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Neumonía clásica	<i>Streptococcus pneumoniae</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
Neumonía atípica, bronquitis	<i>Mycoplasma pneumoniae</i>
	<i>Chlamydophila pneumoniae</i>
	<i>Chlamydophila psittaci</i>
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>
Meningitis, epiglotitis, neumonía	<i>Haemophilus influenzae</i>
Tos ferina	<i>Bordetella pertussis</i>
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Legionelosis	<i>Legionella pneumophila</i>
Actinomicosis	<i>Actinomyces israeli</i>
Nocardiosis	<i>Nocardia asteroides</i>
Fiebre Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Carbunco pulmonar	<i>Bacillus anthracis</i>
Peste	<i>Yersinia pestis</i>

Fuente: <http://www.ucm.es/>

La mayoría de los virus y muchas bacterias que causan infecciones respiratorias se encuentran en gotas grandes de 20 µm ya que si son pequeñas se evaporan y se inactivan por desecación. Sin embargo *Mycobacterium tuberculosis* y *Bacillus anthracis* pueden sobrevivir en gotas de 3 µm y producir infecciones del tracto respiratorio inferior ya que penetran fácilmente en los alveolos. Conviene recordar que la transmisión aérea de enfermedades no es exclusiva de microorganismos que salen de las vías respiratorias. En algunos casos se forman bioaerosoles procedentes de animales y sus productos que se re suspenden en el aire y pueden ser inhaladas, como heces desecadas y plumas de aves lana, piel y marfil. Casos especiales son: *Legionella* que se encuentra en el agua y se transmite por los aerosoles que se forman en los distintos sistemas y aparatos o

Coccidioides immitis y *Aspergillus fumigatus* cuyas esporas, procedentes del suelo y estiércol, son diseminadas sobre el polvo y transportadas por el viento. La inhalación de forma continua de partículas de contaminantes químicos, incrementa la susceptibilidad a las infecciones respiratorias. Además, el aire de las grandes ciudades, contaminado con derivados de la combustión de hidrocarburos, incrementan la gravedad de las infecciones respiratorias. Hay numerosas enfermedades bacterianas transmitidas por el aire que están producidas, principalmente, por bacterias Gram positivas debido a su mayor supervivencia en el aire. Afectan al tracto respiratorio superior (faringitis, epiglotitis, difteria) e inferior (bronquitis, neumonías, tosferina, tuberculosis) o, desde éste pasan a sangre y otros órganos (meningitis, carbunco pulmonar, peste).

Tabla 2. Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire

ENFERMEDADES	GÉNEROS Y ESPECIES
Neumonías	<i>Pneumocystis carinii</i>
Micosis sistémicas	<i>Cryptococcus neoformans</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Coccidioides immitis</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>
Hipersensibilidad	<i>Alternaria</i> <i>Botrytis</i> <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i> <i>Puccinia</i> <i>Serpula</i> <i>Mucor</i>
Micotoxicosis	<i>Aspergillus</i> <i>Fusarium</i> <i>Stachybotrys</i>

Fuente: <http://www.ucm.es>

3. RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y LA PRESENCIA DE CONTAMINACIÓN

Existen patrones climáticos que pueden afectar la rapidez con que los contaminantes se alejan de una zona, los vientos, las nubes, la lluvia y la temperatura, atrapan los contaminantes atmosféricos en valles o la desplazan por la tierra, produciendo daños en ambientes limpios distantes de las fuentes originales.

La contaminación del aire se produce por toda sustancia no deseada que llega a la atmósfera, esto es principalmente en la sociedad moderna.

Los factores meteorológicos más relevantes y que influyen más en la presencia de contaminación son la precipitación, el viento y la temperatura.

3.1. PRECIPITACIÓN

La distribución anual de la precipitación en la ciudad presenta un comportamiento bimodal con máximos en los meses de abril y octubre y mínimos en enero y julio. Las precipitaciones sobre el área de la ciudad se presentan principalmente en las horas de la tarde y noche (entre las 16 y 19 horas), con escasas precipitaciones en las horas de la mañana (5 a 12 horas), período en que generalmente se presentan las máximas concentraciones de los contaminantes⁵⁰.

3.2. VIENTO

En lo que se refiere a la dispersión, el viento juega un rol fundamental. El viento que interesa es el que afecta a las capas de aire próximas al suelo. La zona del suelo se considera aquella que comprende desde 0 a 1000 m de espesor en altura. De día, los vientos próximos al suelo son más fuertes que de noche a causa de la convección térmica (masa de aire caliente que se encuentra a una altura aproximada de 400 m). Esto hace que el viento en altura tienda a descender favorecido por la radiación solar. El viento tiende a equilibrar núcleos de bajas y altas presiones, fluyendo de los segundos hacia los primeros, realizándose el movimiento al ascender el aire en las zonas de baja presión y descender en los anticiclones. La velocidad del viento es generalmente mayor en invierno, debido a que los gradientes de temperatura son superiores a los del verano, y aumenta con la altitud como consecuencia de la disminución de la influencia del rozamiento contra el suelo. La media anual de la velocidad del viento, en Bogotá, es de 1.5 m/s⁵¹.

⁵⁰ Red de monitoreo de calidad de aire de Bogotá –RMCAB Informe anual, 2006

⁵¹ Red de monitoreo de calidad de aire de Bogotá –Op.Cit, 2004

3.3. TEMPERATURA

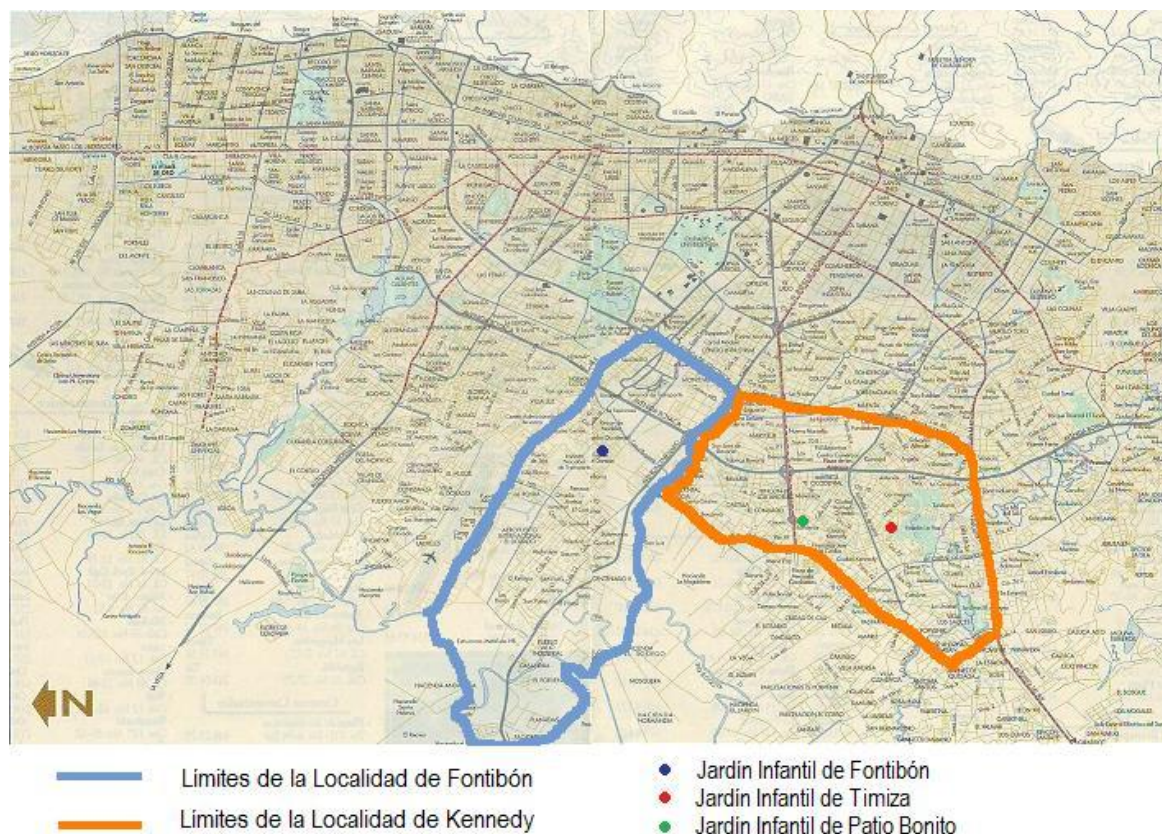
La temperatura media de la ciudad es de 14.8 °C, con un comportamiento similar durante todos los meses del año. La variación de la temperatura media mensual de la ciudad a través del año es muy baja, ligeramente superior a 1° C. Los valores máximos absolutos de la temperatura superan los 24 °C, durante los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo.

4. METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN

4.1. UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO MICROBIOLÓGICO

Con base en el objetivo general de la investigación, se seleccionaron tres jardines infantiles distritales de Bogotá, ubicados en las localidades de Kennedy y Fontibón, las cuales presentan mayor contaminación vehicular, comercial e industrial. En la localidad de Kennedy se seleccionaron dos jardines infantiles: uno en el sector de Patio Bonito, el cual fue denominado "expuesto" por la presencia de alta contaminación y el segundo jardín ubicado en el barrio Timiza, considerado "menos expuesto" a la contaminación, para hallar una relación entre dos jardines con diferentes condiciones de la misma localidad. En Fontibón se eligió un jardín "expuesto" a la contaminación debido a su cercanía al parque principal, para compararlo con el comportamiento del jardín infantil "expuesto" de la localidad de Kennedy.

Figura 10. Mapa General de Bogotá



Fuente: www.criticaurbana.com

4.1.1. Localidad de Kennedy, Jardin Infantil (Menos Expuesto)

El Jardín Infantil Hogar Timiza se encuentra ubicado en el Barrio Timiza, en la Calle 41 B No. 74-12 sur y ubicación geográfica 4°36'45,23" N; 74°09'20,49" O; localizado en una zona residencial, rodeado de colegios, una iglesia, casas residenciales y el Parque Metropolitano Timiza. Es el jardín que menos presenta contaminación, tanto móvil como fija. Frente al jardín hay una vía de doble calzada por donde transitan vehículos (particulares y rutas escolares) con baja frecuencia. La vía principal más cercana es la Avenida Primero de Mayo a 450 metros, hacia el norte y la Avenida Villavicencio a 600 metros hacia el oeste.

El frente del jardín da hacia el Parque Timiza, al lado izquierdo está el colegio Nueva América, y al lado derecho está una calle de muy poco tránsito y en la parte de atrás hay un conjunto de apartamentos residenciales de 5 pisos.

Se eligió este jardín infantil debido a que hace parte de una de las localidades más contaminadas de Bogotá, pero que al estar en una zona residencial nos puede arrojar otra información sobre el comportamiento de variables atmosféricas y ambientales.

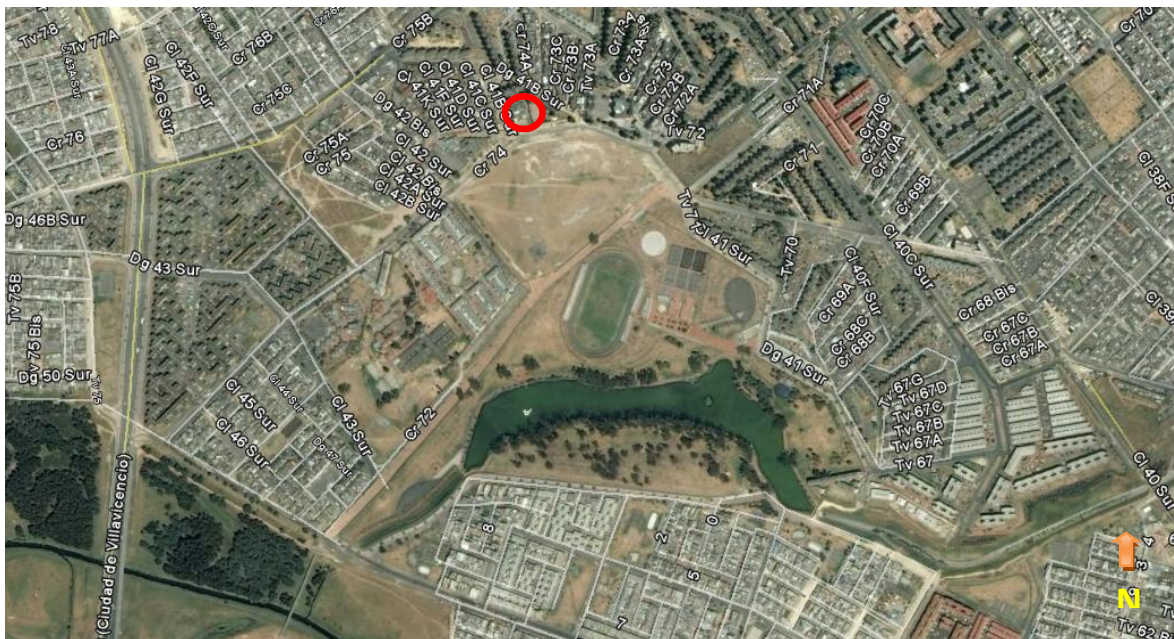
La figura 11 y 12 muestran la ubicación del jardín infantil (círculo rojo)

Figura 11. Localización del jardín infantil



Fuente: www.googleearth.com

Figura 12. Ubicación del Jardín Infantil en Timiza



Fuente: www.googleearth.com

4.1.2. Localidad de Kennedy, Jardín Infantil (Expuesto)

El jardín Infantil Solidaridad por Colombia queda ubicado en el sector de Patio Bonito en la Diagonal 38 sur No. 82-30 y ubicación geográfica 4°38'04,56" N; 74°09'40,07" O, (Figura 13) está hacia el norte de la localidad, pero con la diferencia de que este jardín está rodeado de gran cantidad de fuentes contaminantes. Frente a la entrada del jardín, se encuentra la avenida Las Américas (Calle 6) y a 220 metros hacia el oeste se encuentra la Avenida Ciudad de Cali. Alrededor del jardín hay gran cantidad de comercio (talleres de mecánica, venta de calzado y ropa, discotecas, misceláneas, cacharrerías, compraventas, lugares de apuestas, ferreterías –como puntos fijos de emisiones y ruido- y frente a estos locales, existen puestos de comidas y bebidas, vendedores ambulantes de herramientas, venta de ropa, cds y películas, -entre los puestos móviles-. Pasando la calle del frente está Corabastos, centro principal de comercio de frutas y verduras en Bogotá. La calle 6 es una vía muy congestionada y de gran tráfico vehicular. Es una calle de dos carriles con una sola dirección y que desemboca en la Avenida Ciudad de Cali. Esta última la conforma la vía de Transmilenio y la vía de buses y particulares. Todas estas fuentes generan en mayor y menor grado contaminación de gases, partículas, aerosoles y ruido los cuales afectan a los niños del jardín infantil.

La figura 13 y 14 muestran la ubicación del jardín infantil (círculo rojo)

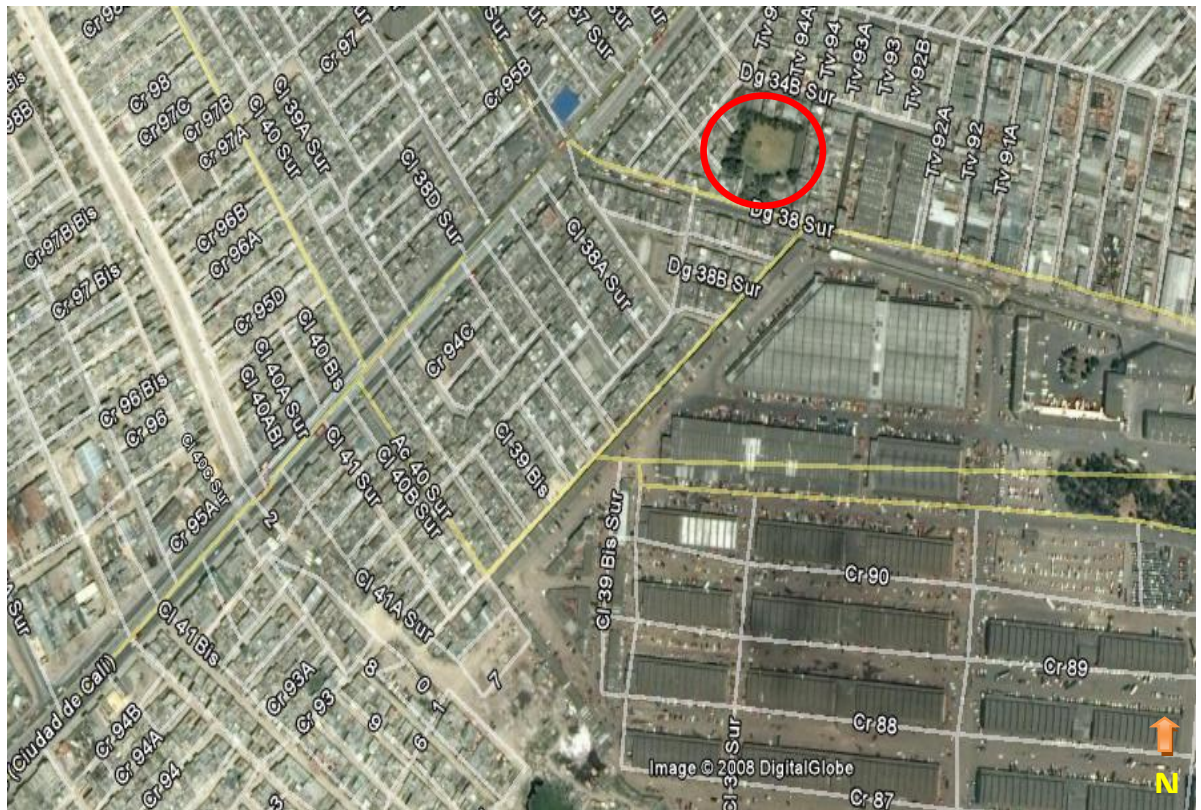
Figura 13. Localización del jardín infantil



Fuente: www.googleearth.com

Este jardín fue seleccionado debido a que se encuentra en una zona de alta contaminación tanto vehicular, comercio, industria, Corabastos, entre otros. Y para comparar los resultados de este jardín frente a los registrados en Timiza, ya que los dos jardines hacen parte de la misma localidad.

Figura 14. Ubicación del jardín infantil en Patio Bonito



Fuente: www.googleearth.com

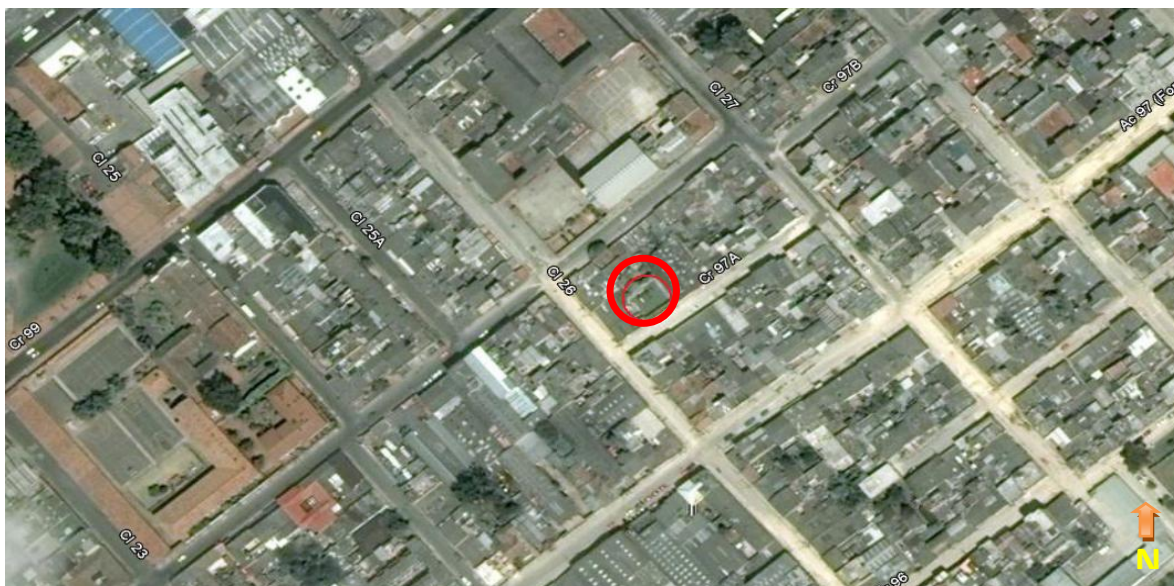
4.1.3. Localidad de Fontibón, Jardín Infantil (Expuesto)

El jardín Infantil de esta localidad se llama Rafael Pombo, queda ubicado en la localidad de Fontibón a tres cuadras del parque principal, en la KR 97 A No. 26-35 y ubicación geográfica 4°40'23,13" N; 74°08'31,66" O (Figura 15). Está rodeado de casas residenciales y comercio particular como almacenes de ropa, papelerías, panaderías, supermercados, entre otros. Frente al jardín queda el centro de salud Nueva Vida. Al lado derecho hay una vía poco transitada, al lado izquierdo hay una casa y por la parte de atrás una calle con poco flujo vehicular. Hay mucho comercio de toda clase, por lo que se ubica como el segundo jardín expuesto a la contaminación. La vía más cercana de gran flujo vehicular, tanto particular como público es la carrera 99, la cual queda a 50 metros del jardín.

Este jardín también se ubica dentro de una localidad considerada de alta contaminación por la zona industrial que presenta y por la cercanía a la Calle 13, vía de toda clase de tránsito incluido el pesado.

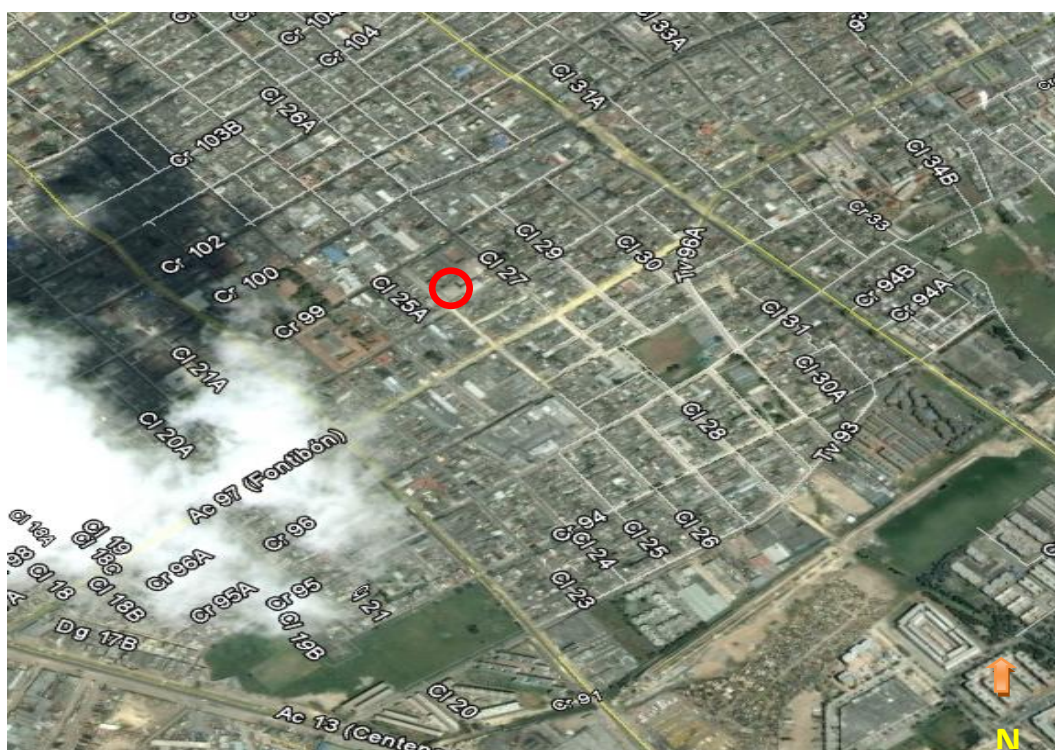
La figura 15 y 16 muestran la ubicación del jardín infantil (círculo rojo)

Figura 15. Localización del jardín infantil



Fuente: www.googleearth.com

Figura 16. Ubicación del jardín infantil en Fontibón



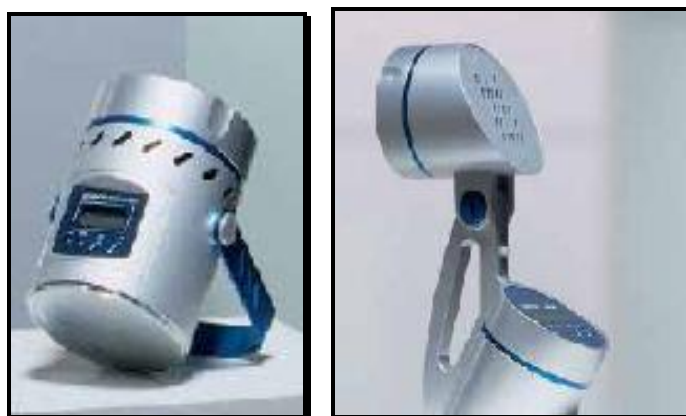
Fuente: www.googleearth.com

4.2. ANALISIS MICROBIOLOGICO

4.2.1. Recolección de Muestras

Para la recolección de las muestras se utilizaron dos equipos colectores microbiológicos de gérmenes aéreos: el MAS-100 y el MAS-100 Eco, del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la universidad de La Salle, los cuales funcionan, aspirando el aire a través de una placa perforadora y las partículas que contiene se dirige hacia la superficie del agar de la cápsula de Petri. (Anexo A. Protocolo de Laboratorio)

Figura 17. Equipos MAS 100 Eco y MAS 100



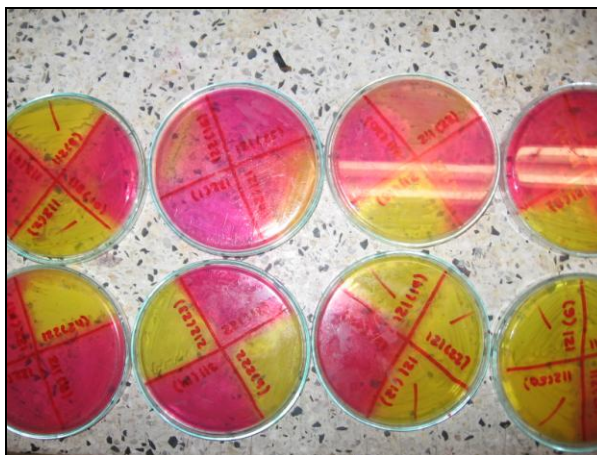
Fuente: www.es.vwr.com

4.2.2. Codificación para la identificación de los muestreos

Para facilitar la manipulación e identificación de los microorganismos de cada punto de muestreo, así como la jornada y el lugar de muestra, fue necesario crear una codificación que permitiera la rápida identificación de las cajas de Petri y manejar más fácil la información obtenida.

La tabla 3 muestra la codificación utilizada, así como la figura 18 muestra un ejemplo de codificación en campo.

Figura 18. Foto cajas de Petri



Fuente: Autoras

Tabla 3. Codificación de las cajas de Petri

1	Patio Bonito	1	Mañana	1	Indoor
				2	Outdoor
		2	Tarde	1	Indoor
				2	Outdoor
2	Timiza	1	Mañana	1	Indoor
				2	Outdoor
		2	Tarde	1	Indoor
				2	Outdoor
3	Fontibón	1	Mañana	1	Indoor
				2	Outdoor
		2	Tarde	1	Indoor
				2	Outdoor

Fuente: Autoras

El primer dígito corresponde a la localización del jardín infantil, según el sector o barrio.

El segundo dígito es la jornada en que se realizó el muestreo, ya sea, en horas de la mañana o en la tarde.

El tercer dígito advierte si el muestreo se realizó dentro del jardín, en un lugar cerrado (intramural), en nuestro caso, la salacuna, o por el contrario, en una zona abierta del jardín como lo es el patio de juegos (extramural).

4.3. IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS

Luego de recolectar las muestras, se llevaron a incubación durante 48 horas a 37 °C. A las muestras ya incubadas como agar chocolate y sangre, se les hacía conteo de colonias, se sumaba y se sacaba promedio de los dos medios. Este valor representa las unidades formadoras de colonias por litro de aire recolectado de dicho punto, luego se hizo la conversión para UFC/m³. Las colonias del agar Mc Conkey se aislaban en agar Mc Conkey de nuevo para su posterior identificación.

Se procedía a hacer el aislamiento de colonias para facilitar la identificación. Se pasaban las colonias a agar sangre y chocolate con aislamiento a 37 grados y incubación de 24 - 48 horas. Las colonias que crecían permitían que se describieran fácilmente. Luego se procedía a hacer tinción de Gram para saber cuáles pruebas debían realizarse, dependiendo de si eran bacterias cocos, bacilos o cocobacilos Gram (+) o Gram (-). En el (Anexo B, Identificación de Bacterias), se encuentra el procedimiento para la identificación de microorganismos.

Una vez interpretadas todas las pruebas Bioquímicas, se procedía a leer las tablas de identificación de Koneman y manual de procedimientos en bacteriología clínica, y se identificaba la familia y/o especie bacteriana.

Las muestras recolectadas en agar Sabouraud se incubaban a temperatura ambiente, y a los dos días se procedía a la resiembra en agar Sabouraud nuevamente. Luego se tomaba una muestra de hongo y se colocaba en lámina de vidrio con azul de metilo y para las levaduras con solución salina, para su respectiva identificación.

4.4. RECOLECCIÓN DE DATOS DE PM_{2,5}

Los datos fueron recolectados con la colaboración del Hospital del Sur y el Hospital de Fontibón, los cuales monitorearon con equipos low-vol durante 24 horas de lunes a viernes, intra y extramural en los jardines infantiles, durante los meses de abril, mayo y junio. Los datos recolectados y el protocolo de monitoreo aparecen en el anexo M y A respectivamente.

En las figuras de la 19 a la 24 aparecen los equipos muestreando PM_{2,5} en los tres jardines infantiles, tanto intra como extramural.

Figura 19: Equipo low-vol intramural en el jardín infantil de Patio Bonito



Fuente: Autoras

Figura 20. Equipo Low-vol extramural en jardín infantil de Patio Bonito



Fuente: Autoras

Figura 21: Equipo Low-vol extramural en jardín infantil de Timiza



Fuente: Autoras

Figura 22. Equipo low-vol intramural en Jardin de Timiza



Fuente: Autoras

Figura 23. Equipo low-vol intramural en Jardin de Fontibón



Fuente: Autoras

Figura 24. Equipo Low-vol extramural en Jardin de Fontibón



Fuente: Autoras

4.5. RECOLECCIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos fueron suministrados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, donde las estaciones de Kennedy y Fontibón recolectaron la información necesaria para establecer las correlaciones pertinentes a la investigación y otra parte por las Autoras, con el equipo (Higrómetro) del Laboratorio de la Universidad de La Salle de donde se midió la Temperatura y la Humedad Relativa (Anexo C, Bitácora)

4.6. RECOLECCIÓN DE DATOS DE ENFERMEDADES E INFECCIONES RESPIRATORIAS EN LOS NIÑOS DE LOS JARDINES INFANTILES OBJETO DE ESTUDIO

El comportamiento y presencia de infecciones y enfermedades en los jardines infantiles son monitoreados y controlados por los hospitales de las localidades respectivas; el Jardín Infantil de Timiza y el de Patio Bonito están bajo el control del Hospital del Sur y el Jardín Infantil de Fontibón está a cargo del Hospital de Fontibón. Estos entes monitorean la presencia de enfermedades respiratorias en los niños de cada localidad, registra la frecuencia de alteraciones respiratorias en los niños, evalúa los factores que llevan a que se presente la enfermedad o infección, entre otros aspectos. Todos estos datos tienen una frecuencia respectiva y una clasificación determinada.

Los datos reportados se consiguen cuando los niños van a consulta médica por alteración en la función respiratoria, también cuando una persona del hospital (por ejemplo una enfermera) se le encarga la tarea de visitar el jardín y realizar una evaluación de la ocurrencia de infecciones y enfermedades respiratorias.

Además las investigadoras realizaron una encuesta en los jardines infantiles monitoreados y se obtuvieron más datos propios del comportamiento promedio del jardín, así como otras características generales que modifican o afectan las condiciones ambientales dentro del salón y por ende repercuten en los niños. (Anexo D. Encuesta en los Jardines).

4.7. PUNTO DE REFERENCIA

Esta investigación requería tener un Punto de referencia (Blanco) para poder comparar los resultados obtenidos en Bogotá frente a otro lugar que presentara características similares a la capital, pero sin la contaminación de ésta. El lugar escogido fue el municipio de Guatavita, el cual se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, en las coordenadas: Latitud 4° 56' 10.58" N, Longitud 73° 50' 5.97" O. Está a 57 kilómetros de Bogotá, presenta una elevación de 2668 msnm, una temperatura promedio de 14°C, una población para el Censo de 2005 de 7020 habitantes (Figura 25). Es un municipio que basa su economía en la ganadería y la agricultura; sus principales productos son la papa, la arveja, el haba, el trigo, el maíz, entre otros, también se practica la minería en cuanto al carbón. Su suelo es muy productivo. No presenta industria ni establecimientos que generen contaminación atmosférica. Su población se dedica a la elaboración y venta de artesanías, a la elaboración de productos alimenticios típicos de la región y a promoción del turismo⁵².

⁵² <http://es.wikipedia.org/wiki/Guatavita>

Figura 25. Ubicación de Guatavita



Fuente: <http://www.bogotaturismo.gov.co/ciudad/alrededores/index.php>

Figura 26. Panorámica de Guatavita



Fuente: <http://elfindelainfancia.blogspot.com/>

4.7.1. Puntos de muestreo en Guatavita

Se tomaron muestras intra y extramural, mañana y tarde en el Colegio Pío X, ubicado en el centro del municipio de Guatavita. El Colegio Pío X alberga a 50 niños de primaria. El muestreo intramural se hizo en el centro de un corredor del colegio, junto a la sala de conferencias (figura 27) y otros salones de estudio. El muestreo extramural se realizó en la cancha de basquetball, un lugar abierto del colegio.

En la figura 27 se observa el equipo MAS 100 Eco en el ambiente intramural

Figura 27. Muestreo intramural, Guatavita



Fuente: Autoras

Figura 28. Muestreo extramural, Guatavita



Fuente: Autoras

Junto al equipo de muestreo se ubicó el termohigrómetro, que nos permitía conocer temperatura y humedad del lugar. El termohigrómetro se usó tanto Intramural como Extramural, en la mañana y en la tarde. Esto se evidencia en la figura 29.

Figura 29. Termohigrómetro y MAS 100



Fuente: Autoras

4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

Con el fin de relacionar los resultados obtenidos en la investigación y analizar la incidencia de los factores objetos de estudio (Concentración de microorganismos, datos meteorológicos, concentración de $PM_{2.5}$, condiciones ambientales, RIPS, Diario de Síntoma) se utilizó la herramienta más precisa llamada SPSS, dentro de este se utilizaron correlaciones divariadas (Correlación de Pearson).

4.8.1. Correlación de Pearson⁵³

Con frecuencia interesa estudiar, a partir de los datos de un grupo de individuos, la posible asociación entre dos variables. En el caso de datos cuantitativos ello implica conocer si los valores de una de las variables tienden a ser mayores (o menores) a medida que aumentan los valores de la otra, o si no tienen nada que ver entre sí. La correlación es el método de análisis adecuado cuando se precisa conocer la posible relación entre dos variables de este tipo. Así, el grado de asociación entre dos variables numéricas puede cuantificarse mediante el cálculo de un coeficiente de correlación. Debe entenderse, no obstante, que el coeficiente de correlación no proporciona necesariamente una medida de la causalidad entre ambas variables sino tan sólo del grado de relación entre las mismas. Las correlaciones miden cómo están relacionadas las variables o los órdenes de los rangos.

⁵³ Tomado de ayuda del Programa de SPSS.

5. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS JARDINES INFANTILES DE ESTUDIO

Otro de los parámetros que se tienen en cuenta en la investigación son las condiciones ambientales de los jardines infantiles monitoreados. Las condiciones ambientales hacen referencia a los aspectos físicos y situacionales que enfrentan los niños que habitan los jardines infantiles.

La circulación de aire, el tamaño de los salones, las actividades que se desarrollan dentro del jardín, la cantidad y permanencia de los niños, la presencia de enfermedades, el aseo del jardín, las medidas y cuidados con los niños, entre otros aspectos son de gran importancia ya que pueden generar un factor de riesgo para que los niños se enfermen con facilidad.

Cada jardín presentaba ciertas condiciones ambientales que lo hacían único y que determinaban el comportamiento de los microorganismos. Para que un niño presente síntomas relacionados con enfermedades e infecciones respiratorias no basta simplemente con estar expuesto a alta contaminación o a bajas temperaturas, el ambiente donde habita, las personas que lo rodean y las actividades que se realizan junto a él repercuten también para que un niño se enferme. Es por esto que a todas estas cosas alternas las denominados Condiciones Ambientales, que deben ser tenidas en cuenta a la hora de diagnosticar el problema de enfermedades respiratorias en los más pequeños y hacer frente a esta problemática.

5.1. Jardín Infantil de Patio Bonito

Es el jardín que más abierto está a la contaminación externa. Lo que lo separa de la avenida del frente es solo una malla metálica y pocos árboles, los cuales no le permiten bloquear las emisiones de los vehículos, industria y comercio. La entrada a la salacuna está a 5 metros de la avenida, por lo que los contaminantes ingresan fácilmente al salón. Las dimensiones generales de la salacuna son de 24,7 m² y 54,34 m³, donde el techo es muy bajo, donde se alojan 8 bebés entre un mes de nacidos y un año. Al entrar a la salacuna está una colchoneta donde sientan a los bebés, alrededor están 4 cunas y sillas para bebés, al fondo está la mesa donde cambian de pañal a los pequeños, en el costado izquierdo hay una puerta que comunica con párvulos y en el medio de los dos salones está el baño de las profesoras y la cocina compartida. En la Figura 30 se observa la entrada de aire está la entrada principal a la salacuna, la cual es de 3,4 m² y al fondo, junto al lugar donde cambian los bebés, hay una pequeña ventana con dos accesos de 0,18 m² cada uno. No hay ventanas en la cocina, lo cual los olores quedan dentro de los dos salones, el baño de las profesoras tiene una pequeña ventana y el acceso a éste es desde adentro de los salones (Anexo E. Plano salón de Patio Bonito).

Figura 30. Entrada a salacuna.



Fuente: Autoras

La ventana de atrás es muy pequeña y no permite que circule el aire, por consiguiente la contaminación que ingresa por el frente se queda dentro del salón y no permite que salga de nuevo. Las corrientes generadas por el viento hacen que siempre estén los mismos contaminantes en el aire respirable de los niños, incluyendo las fuentes internas de emisión como cuando asean a los niños o les dan de comer.

5.2. JARDÍN INFANTIL DE TIMIZA

Este jardín presenta un parquecito en la entrada, pero los niños no juegan ahí. Al entrar, a mano derecha está la salacuna, compartida con párvulos. Esta zona está separada por una reja pequeña de madera, no existe un aislamiento completo. Las dimensiones de la zona de salacuna es de 60 m^2 y en total el salón tiene 67 m^2 y $301,3 \text{ m}^3$. De salacuna hay 8 niños y en total en el salón hay 20 niños. Los niños de salacuna tienen entre un mes y un año. (Anexo F. Plano salón de Timiza).

Las ventanas abiertas están ubicadas en un solo lado, por lo que el intercambio de aire no ocurre por todo el salón sino pobremente en el frente.

Figura 31. Frente del jardín infantil



Fuente: Autoras

El jardín, por estar ubicado en una zona residencial, posee una exposición baja a los contaminantes, por lo que su influencia sobre el salón de los niños es pequeña y la contaminación allí encontrada y registrada se basa principalmente en fuentes internas como niños enfermos o agentes externos que son transportados y llevados por las personas que habitan allí.

Además, frente al jardín se encuentra el Parque Timiza, el cual tiene un lago, con un área suficiente para generar gran cantidad de vapor de agua en los días cálidos. Esta humedad le brinda a los microorganismos la posibilidad de permanecer más tiempo en el aire y causar más alteraciones en la salud.

Figura 32. Parque Timiza



Fuente: Autoras

5.3. JARDÍN INFANTIL DE FONTIBÓN

Este jardín posee parque de juegos interno, está ubicado en la mitad del mismo. Frente al parque está la salacuna que se comparte con párvulos. Los niños de salacuna son 12 y en total son 38 niños dentro de un salón de aproximadamente 121 m² y 358 m³. Dentro del salón que es muy grande, están los baños de los niños, sin ningún aislamiento, está el cuarto donde guardan los elementos de aseo y la cocina en un área de 12 m² (Anexo G. Plano salón de Fontibón). Las profesoras cambian a los niños en un costado del salón, usando elementos de protección personal. Esta zona tiene continuo el lugar de lavado. Los bebés de salacuna tienen entre un mes de nacidos y un año.

Figura 33. Entrada a la Salacuna de Fontibón



Fuente: Autoras

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS

Para determinar la concentración de microorganismos recolectados en cada punto del muestreo, fue necesario realizar un conteo de colonias en los medios de agar Sangre y Chocolate (UFC). La figura 33 presenta la formación de las colonias en la caja de Petri original para que sean contadas y determinar la concentración de microorganismos en ese punto muestreado.

Figura 34. Caja de Petri original para conteo de colonias



Fuente: Autoras

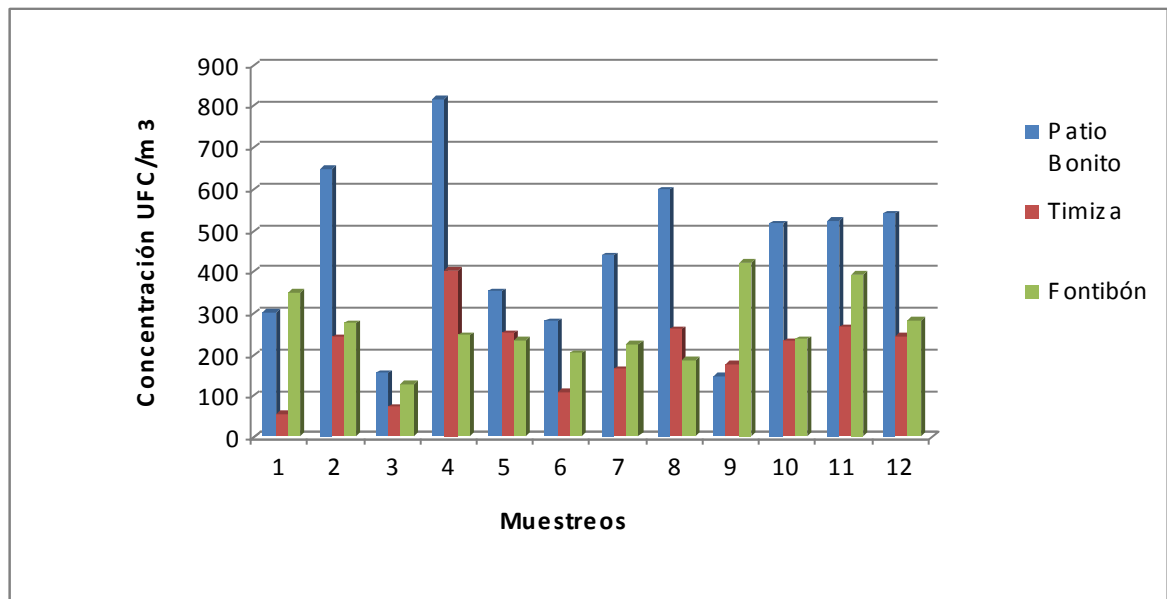
El total de unidades formadoras de colonias (UFC) se totalizó en un volumen de aire muestreado de 500 litros en 5 minutos. Los datos de UFC se pasaron a UFC/m^3 . (Anexo H. Conteo de Colonias)

Los datos de los conteos del punto de referencia (blanco), (Anexo I. Conteo de Colonia Punto de Referencia) se utilizan con el fin de comparar el comportamiento de los microorganismos en un lugar con características parecidas a las de Bogotá en cuanto a altitud y temperatura, pero con la diferencia que en el punto blanco no se presenta contaminación atmosférica como en el caso de Bogotá.

La gráfica 1 muestra el comportamiento de los UFC de cada muestreo en cada jardín. Vemos que, independiente de la distancia y condiciones tanto meteorológicas como ambientales de los jardines, estos tuvieron similar oscilación de concentraciones, es decir, si del muestreo 2 al muestreo 3 la concentración de microorganismos ascendía en el jardín de Patio Bonito, igual sucedía con el jardín de Timiza y Fontibón. A partir de esta gráfica y de su comportamiento suponemos que la contaminación general de Bogotá es transportada y dispersada por todas las localidades, unas en mayor o menor proporción dependiendo de sus concentraciones iniciales, pero que si por algún motivo se aumenta

la concentración de partículas en algún punto de Bogotá diferente al estudiado, éstas se desplazarán y llegarán también a los jardines infantiles. Este comportamiento puede corroborarse con el comportamiento de las rosas de vientos más adelante en este capítulo. Si este equilibrio sucede, sustentaría el hecho de que la concentración de microorganismos aumente o disminuya en los jardines infantiles proporcional a sus condiciones ambientales. Un cambio en las condiciones meteorológicas y de contaminación que suceda en Bogotá y/o alrededores va a influir en el aumento o disminución de la concentración de bacterias.

Gráfica 1. Concentración de microorganismos de cada jardín infantil



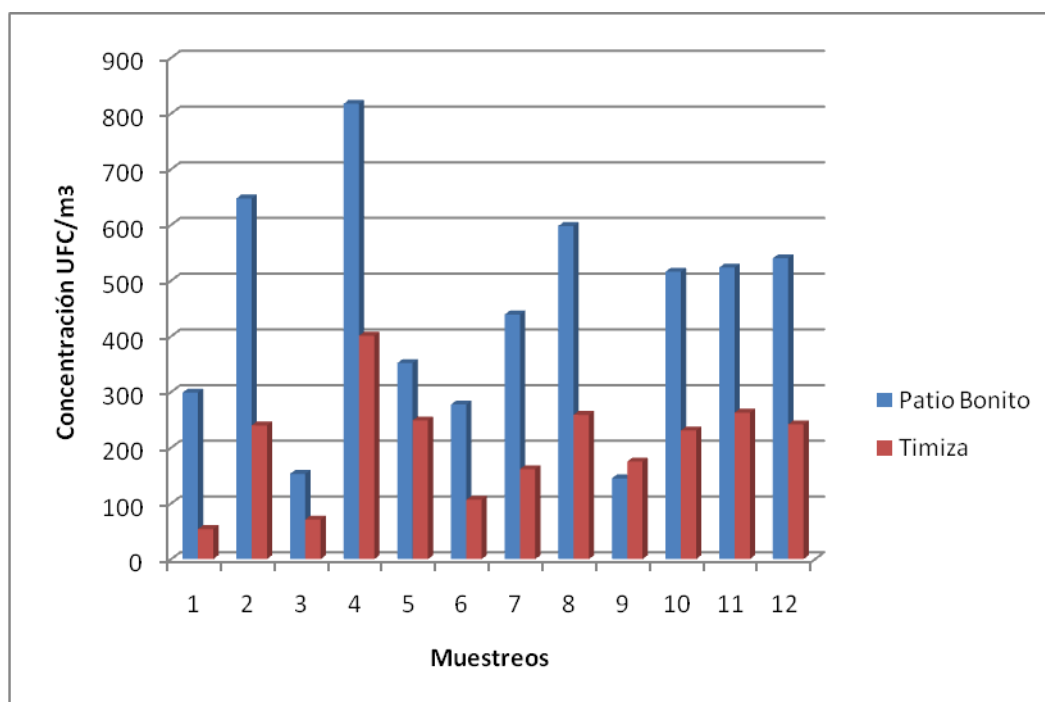
Fuente: Autoras

6.1.1. Concentración de microorganismos de cada jardín de la localidad de Kennedy

Haciendo una comparación entre las concentraciones de microorganismos de los jardines infantiles ubicados en la localidad de Kennedy, encontramos el de Patio Bonito y el de Timiza. En la gráfica 2 se aprecia la gran amplitud que existe entre los datos de los dos puntos de muestreo. Como se ha mencionado antes, las condiciones entre los dos jardines son muy diferentes (niveles de contaminación, alrededores y condiciones ambientales.) se observa como las concentraciones de microorganismos del jardín infantil de Patio Bonito supera las concentraciones encontradas en el de Timiza entre una y hasta 6 veces más.

Los dos jardines (Patio Bonito y Timiza) hacen parte de la misma localidad pero la contaminación localizada de cada uno influye principalmente en su entorno, por eso, el jardín de Timiza es el que presenta menor concentración de microorganismos porque en su alrededor hay viviendas, colegios y un gran parque donde se puede respirar aire fresco y limpio; estas condiciones desfavorecen la presencia de bacterias en el aire.

Grafica 2: Concentración de Microorganismos En La Localidad De Kennedy

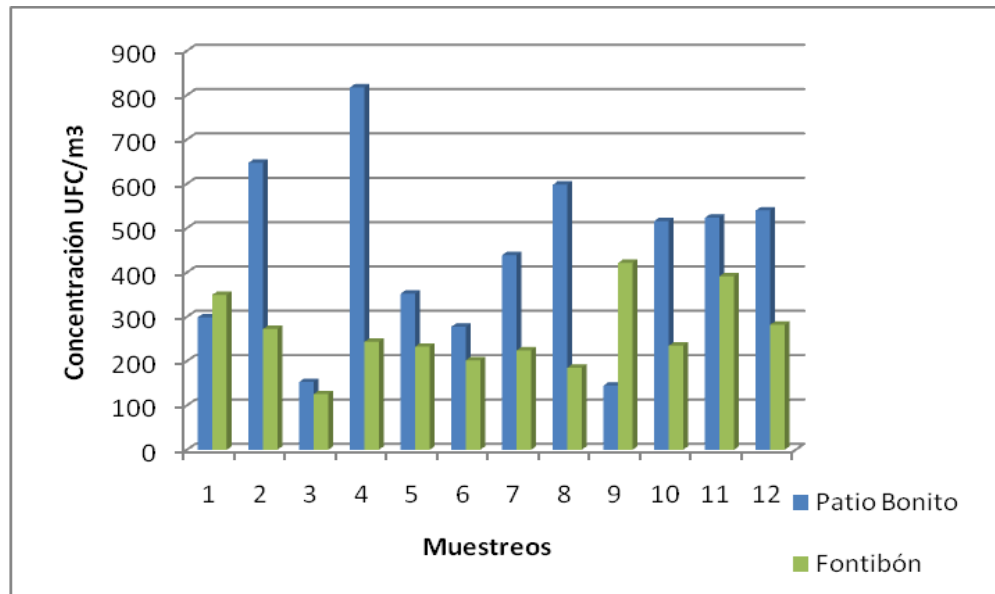


Fuente: Autoras

6.1.2. Concentración de microorganismos de los jardines infantiles “expuestos” a la contaminación

En los resultados de microorganismos presentados entre los jardines “expuestos” de las dos localidades muestreadas, se observa en la gráfica 3 como el jardín ubicado en Patio Bonito sigue siendo el que presenta mayor concentración de microorganismos, frente al jardín infantil “expuesto” de Fontibón

Gráfica 3: Concentración de microorganismos de los Jardines Expuestos a la contaminación



Fuente: Autoras

Del total muestreos realizados, sólo dos presentan más contaminación en el jardín infantil de Fontibón, los otros 10 muestreos el jardín infantil de Patio Bonito supera hasta el triple en algunas ocasiones los valores de Fontibón. El comportamiento general de las UFC de bacterias es que los dos jardines están sometidos a altas cargas de contaminantes y demuestra también que hacen parte de localidades con problemas críticos de contaminación. Sin embargo, el jardín de Patio Bonito sigue sobrepasando los niveles presentados en Fontibón debido a la gran cantidad de fuentes generadoras de partículas y aerosoles formados por el ambiente que rodea el jardín en esta zona de Bogotá.

6.1.3. Concentración de microorganismos de los jardines infantiles frente a la del Punto de Referencia

En el Punto de referencia (Guatavita) se obtuvieron datos que permiten comparar los resultados en los jardines infantiles con el fin de establecer qué tanto varían son las concentraciones entre los dos puntos. En la gráfica 4 se observa el comportamiento del jardín de Patio Bonito en cuanto a las concentraciones intramural (mañana y tarde).

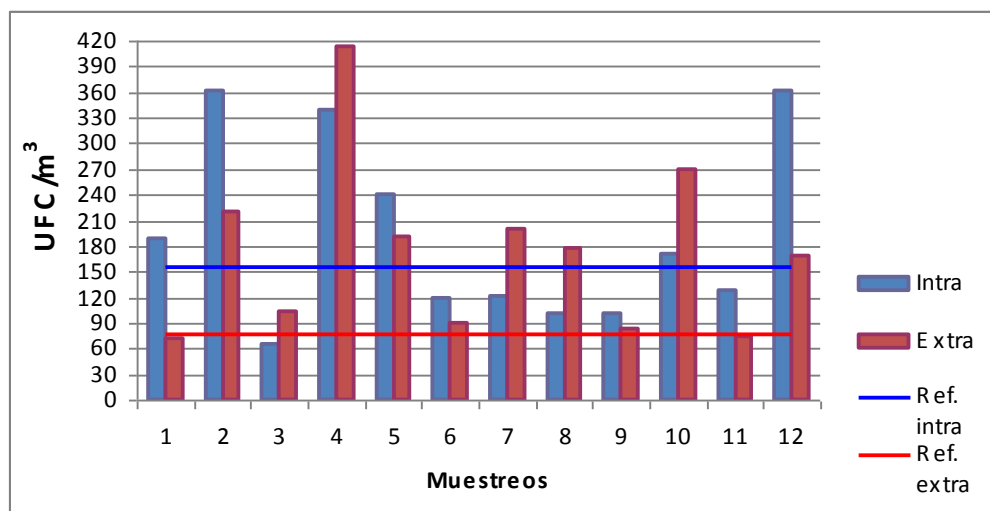
6.1.3.1. Relación punto de referencia y jardín infantil de Patio Bonito

La gráfica 4 muestra el comparativo entre las concentraciones intra y extramural en la mañana para el jardín de Patio Bonito, además de la concentración de referencia registrada en Guatavita. En 5 de 12 muestreos la concentración de microorganismos intramural superó la encontrada extramural, caso contrario en lo que se registra en la jornada de la tarde, donde en el total de muestreos la concentración de bacterias intramural superó a la extramural.

Para un jardín tan expuesto a la contaminación como lo es el de Patio Bonito, además de las condiciones ambientales del mismo, se muestra que las partículas, microorganismos, aerosoles, gases ingresan a la salacuna durante la mañana y se van acumulando mientras va ingresando la contaminación de la tarde. Todas las fuentes contaminantes emiten al aire todos los medios necesarios para que las bacterias subsistan y si esto en la mayoría del tiempo durante el día, aumenta los niveles de UFC dentro del salón, mientras la concentración de contaminantes extramural se mantiene constante.

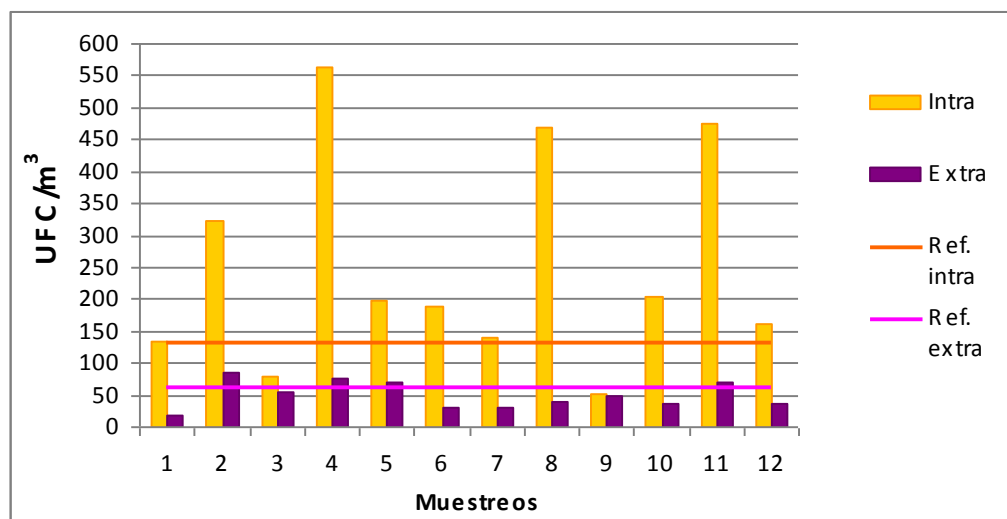
Al igual que los resultados de Guatavita, los niveles de contaminación bacteriana son mayores al interior del jardín, donde la contaminación aumenta casi 3 veces en relación con la presentada en el exterior.

Gráfica 4. UFC en Patio Bonito mañana (intra / extra)



Fuente: Autoras

Gráfica 5. UFC en Patio Bonito tarde (intra / extra)



Fuente: Autoras

6.1.3.2. Relación punto de referencia y jardín infantil de Timiza

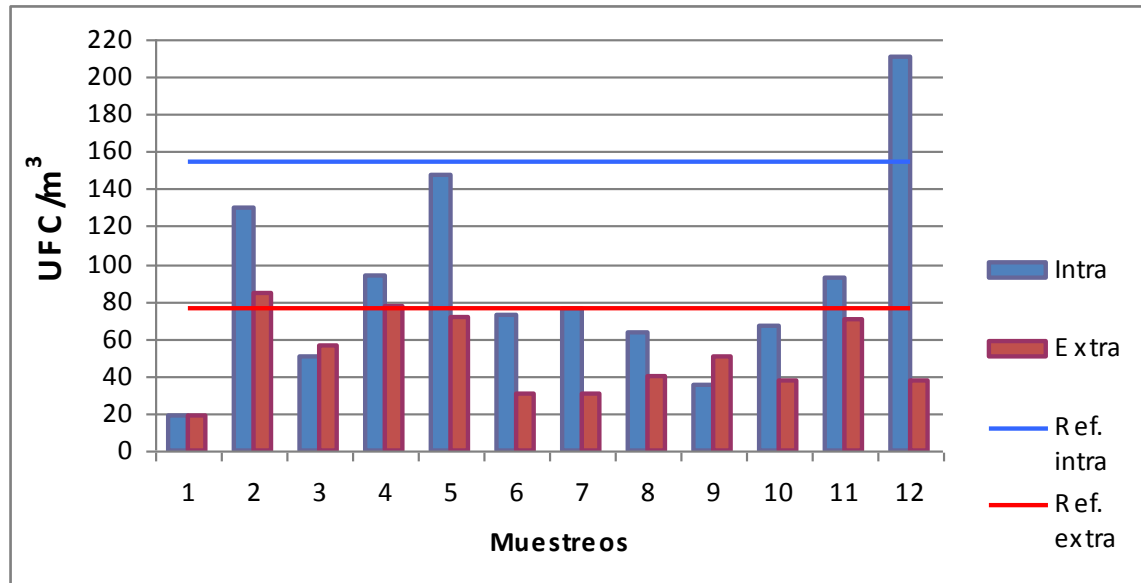
Caso similar sucede en el jardín infantil de Timiza, donde la concentración de bacterias presente en el ambiente intramural es mucho más grande a la registrada en el ambiente extramural, tanto en la mañana como en la tarde y mucho más en esta última jornada. En las gráficas 6 y 7 se evidencia el comportamiento de este jardín con respecto a los microorganismos.

En la mañana, los UFC de Timiza no alcanzan el nivel estándar registrado en Guatavita. Llega en momentos a ser hasta 4 veces menor del punto de referencia. Pero cuando llega la tarde, tanto intra como extramural, se incrementan las concentraciones de bacterias y se supera el punto de referencia. Consideramos que sucede lo mismo que en el caso de Patio Bonito, donde los contaminantes del día son almacenados en el jardín, sumado a lo producido de las actividades internas de la salacuna.

Vemos como los niveles de UFC extramural son pequeños; Timiza posee muy poca generación de contaminantes, alejado de vías principales, rodeado de hogares, así que la carga aportante es poca, entonces, si se presenta hasta 6 veces más contaminación bacteriana al interior de la salacuna es posible que los microorganismos provengan de otros lugares, y que no estén directamente relacionados con la contaminación extramural, porque ya dijimos que el jardín de Timiza no presenta problemas de contaminación como para que coayude a las bacterias a permanecer en el ambiente. Involucrando además la encuesta realizada por las investigadoras, más las observaciones en campo se puede decir que los microorganismos presentes dentro del jardín los provee una o varias fuentes en el interior, por ejemplo niños que se enferman en sus casas, alguna profesora

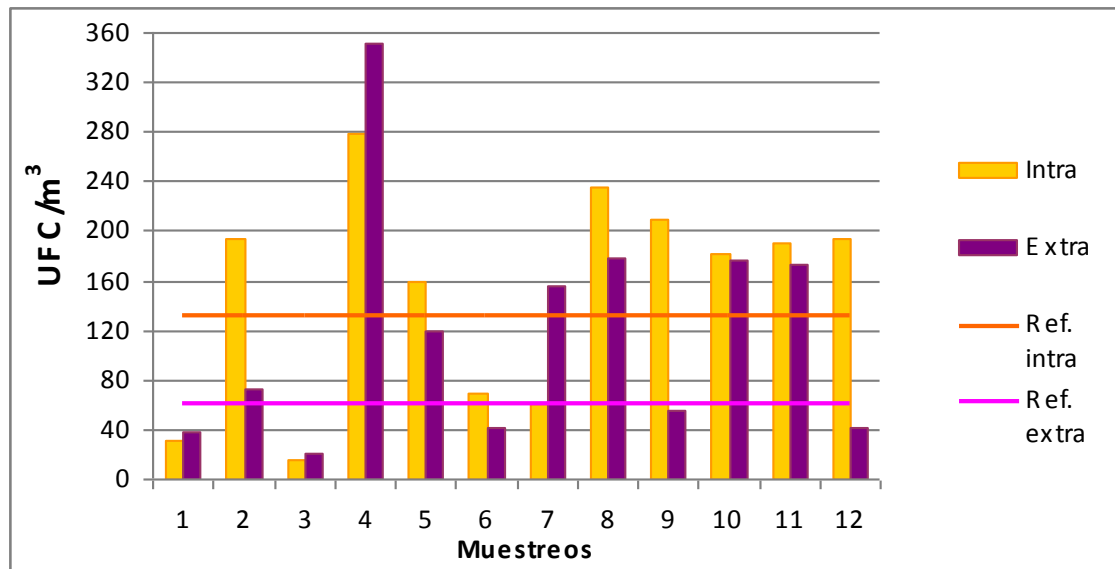
enferma, contaminación en el aire por otros ambientes presentes que deberían estar aislados como la zona de aseo de los pequeños o el lugar de la comida de los niños.

Gráfica 6. UFC en Timiza mañana (intra / extra)



Fuente: Autoras

Gráfica 7. UFC en Timiza tarde (intra / extra)



Fuente: Autoras

6.1.3.3. Relación punto de referencia y jardín infantil de Fontibón

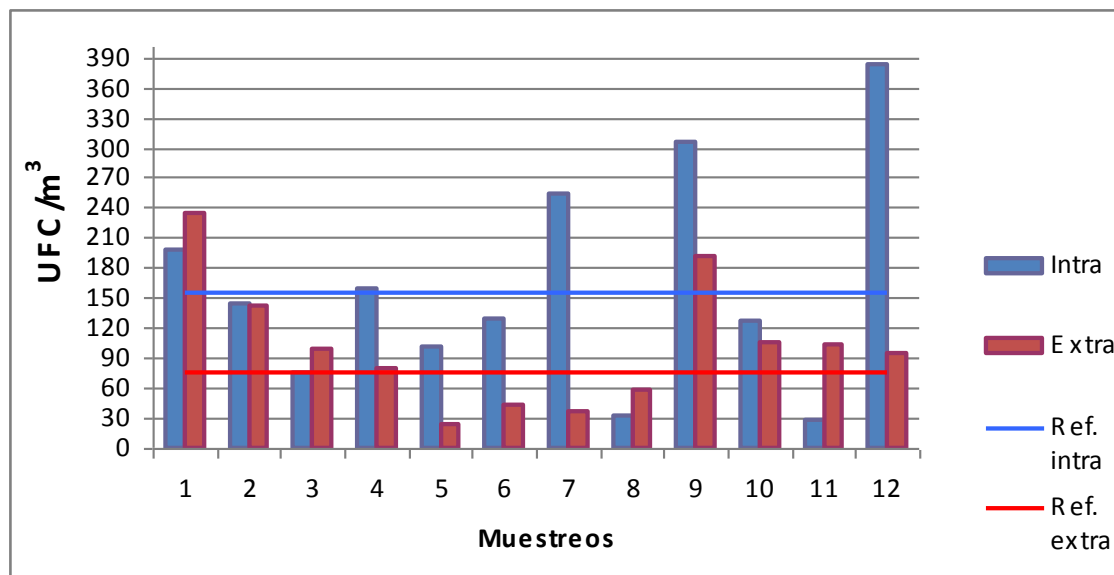
En las dos jornadas, los UFC intramural estuvieron por encima de los UFC extramural. La diferencia de este jardín con los otros dos es que las concentraciones de microorganismos extramural concuerdan con el registrado en Guatavita también extramural, pero no sucede lo mismo con la concentración registrada intramural y el punto de referencia, donde el registrado de Guatavita es muy inferior a lo que sucede en el interior del jardín de Fontibón.

Como las UFC intramural son mayores que las extramural, suponemos que es debido a lo mismo que sucede en Patio Bonito y Timiza, donde los jardines no cuentan con las condiciones ambientales óptimas que permitan la circulación del aire entrante y que posibilite la salida del aire contaminado que ingresa durante el día, contando con las fuentes generadoras del interior, ya que ningún jardín cuenta con aislamiento de ambientes que impidan el traspaso de bacterias y hongos entre las diferentes zonas de la salacuna.

Este jardín tiene la particularidad de que en el mismo espacio y sin ningún aislamiento físico la cocina, los baños, la zona de aseo de los bebés y niños y la zona de comida queda todo bajo el mismo techo, esto permite la proliferación de bacterias y por ende la presencia de enfermedad respiratoria.

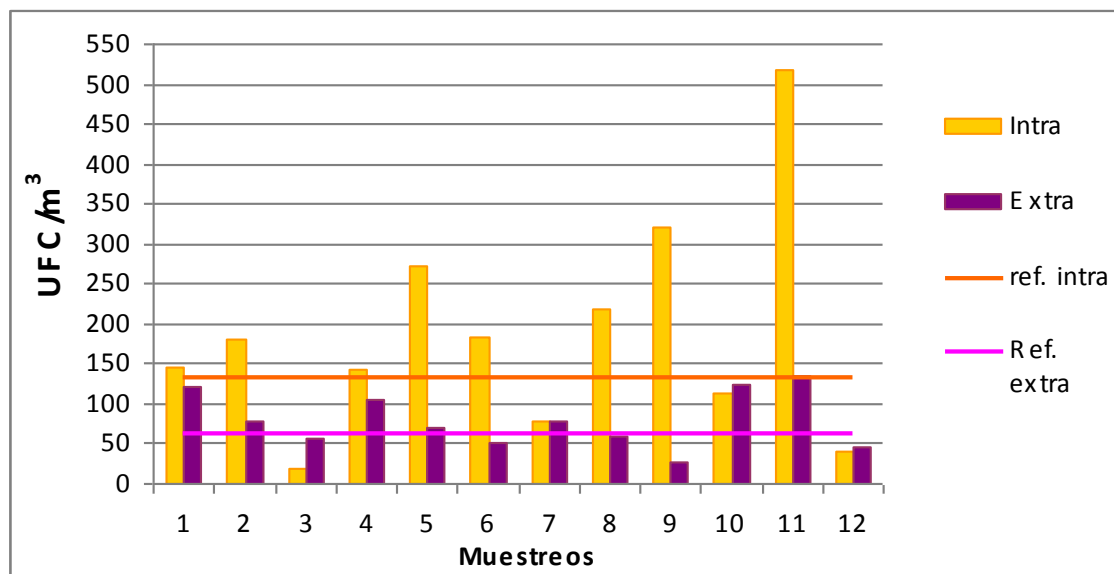
En las gráficas 8 y 9 se observa esta variación.

Gráfica 8. UFC en Fontibón mañana (intra / extra)



Fuente: Autoras

Gráfica 9. UFC en Fontibón tarde (intra / extra)

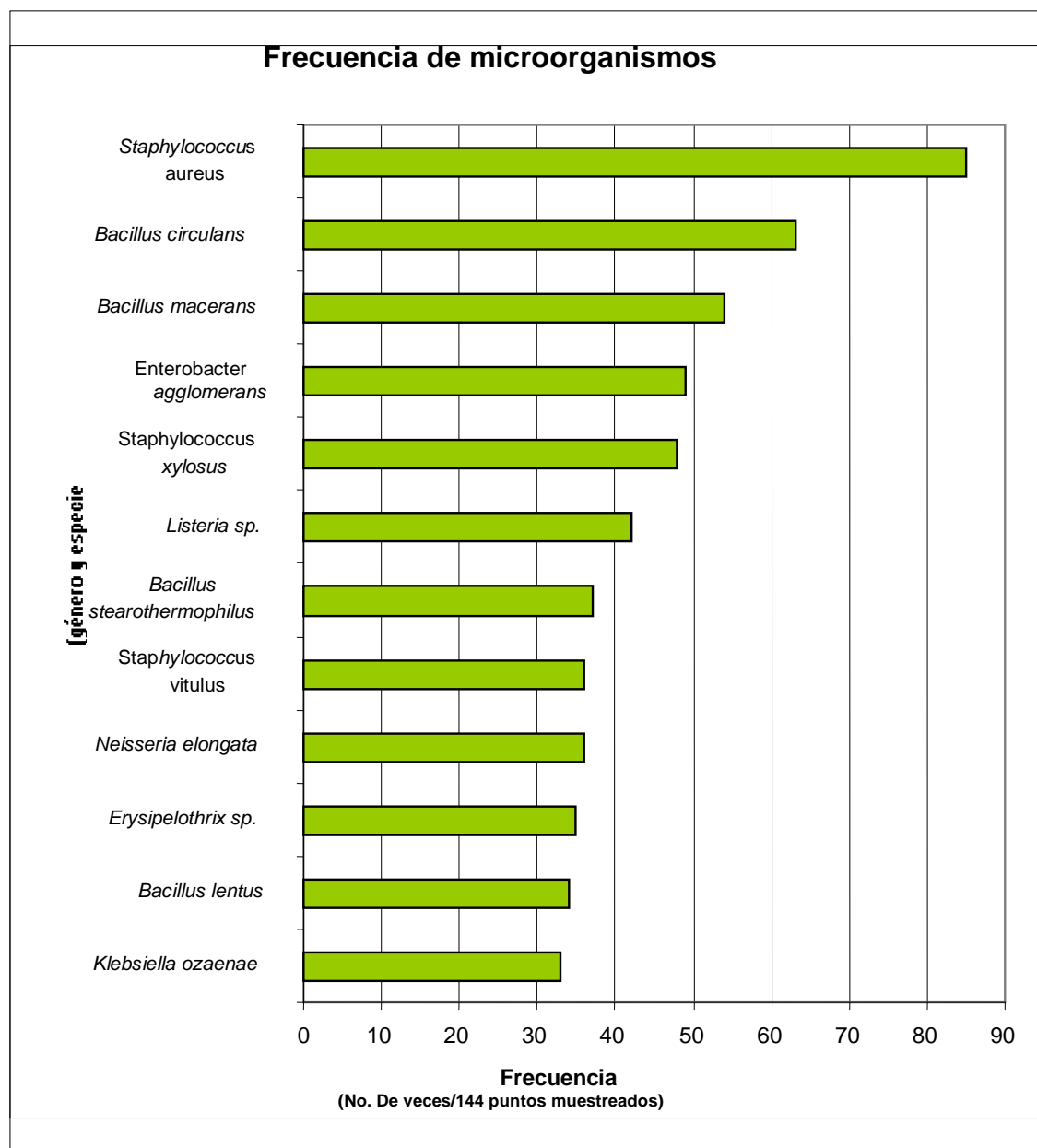


Fuente: Autoras

6.2. ESPECIES DE MICROORGANISMOS MÁS FRECUENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREOS

El total de microorganismos identificados por punto de muestreo se encuentran en el (Anexo J. Identificación y concentración de bacterias y hongos en cada punto de muestreo durante la investigación) y en el mismo se observa la frecuencia de cada especie o género. Para reducir aún más la información, la gráfica 43 muestra la frecuencia de microorganismos identificados en la investigación. El *Staphylococcus aureus* fue el que se presentó en todos los puntos de muestreo, en las diferentes jornadas y puntos de ubicación.

Gráfica 10. Frecuencia de Microorganismos durante el periodo de muestreo



En el (Anexo K. Microorganismos frecuentes en tesis anteriores), están los microorganismos más frecuentes encontrados en investigaciones anteriores similares realizadas por estudiantes de la Universidad de La Salle.

Microorganismos como *Haemophilus influenzae* no fueron encontrados en esta investigación, a pesar de utilizar un medio selectivo que facilitara su aislamiento e identificación. El medio utilizado fue el Agar chocolate con el nutriente llamado Vitox. (Anexo L. Complemento Nutricional Vitox)

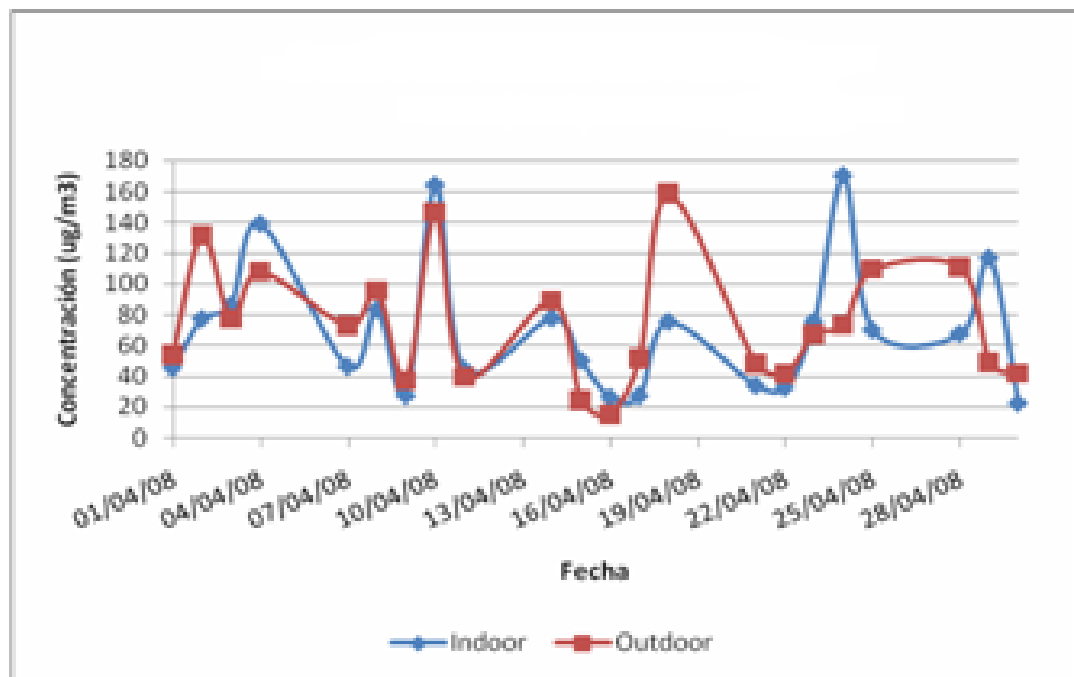
Los microorganismos relacionados con la presencia de enfermedades respiratorias o infecciones son los que aparecen en la tabla 1 y 2 y revisando con los resultados obtenidos, el *Staphilococcus aureus* fue el único microorganismo identificado que tiene asociación con el aparato respiratorio. Los demás microorganismos están asociados a problemas digestivos en la mayoría de los casos.

6.3. COMPORTAMIENTO DE PM_{2,5} DURANTE LA INVESTIGACIÓN

6.3.1. Comportamiento de PM_{2,5} en Fontibon

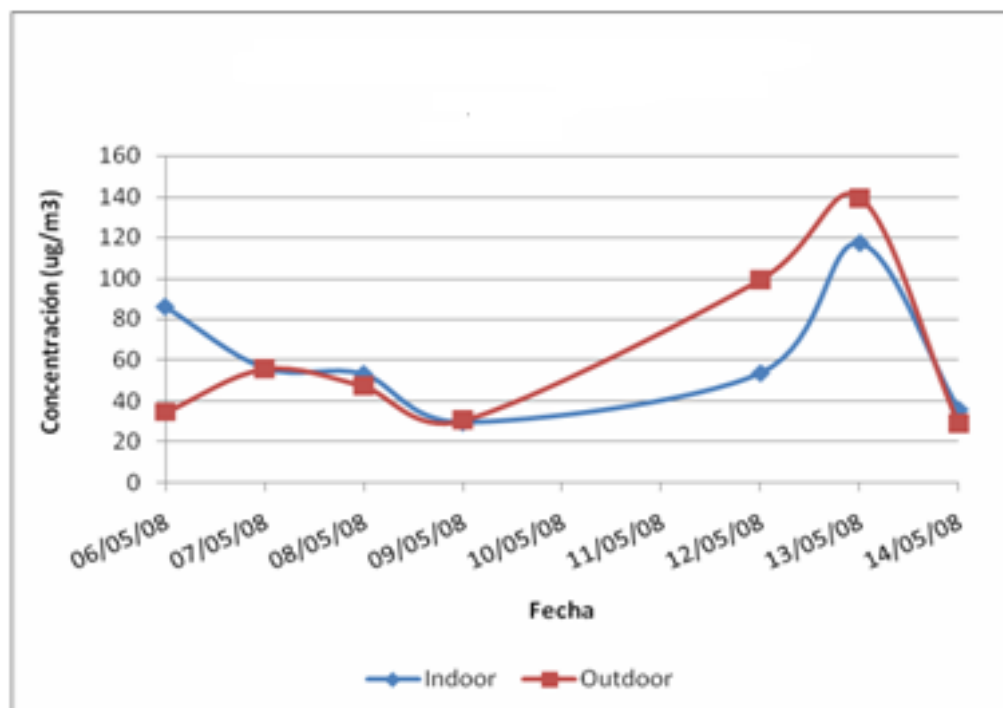
Los valores de concentraciones de PM_{2,5} registrados durante la investigación aparecen en el (Anexo M. Concentraciones de PM_{2,5}) En las gráficas 11y 12 se registran los datos de PM_{2,5} por mes de la localidad de Fontibón (expuesto).

Gráfica 11. Concentración de PM_{2,5} en el Mes de Abril



Fuente: las Autoras

Gráfica 12. Concentración de PM_{2,5} en el Mes de Mayo



Fuente: Autoras

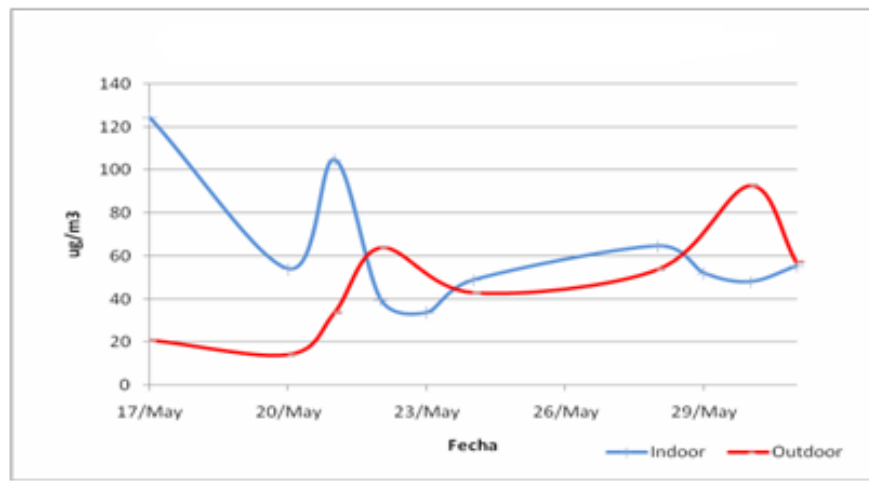
Y con respecto al mes de abril hay una fluctuación grande, desde valores muy bajos ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a muy altos (alrededor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En mayo, los valores promedio son muy bajos (alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ya al final de mes aumenta la concentración, donde el valor promedio de PM_{2,5} es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por medio de las gráficas se puede analizar que las concentraciones intra y extramural son muy similares y que, por consiguiente, la contaminación que se genera en los alrededores del jardín ingresa a la salacuna y se mantiene constante con las condiciones que se presentan extradomiciliariamente.

6.3.2. Comportamiento de PM_{2,5} en Kennedy (Patio Bonito)

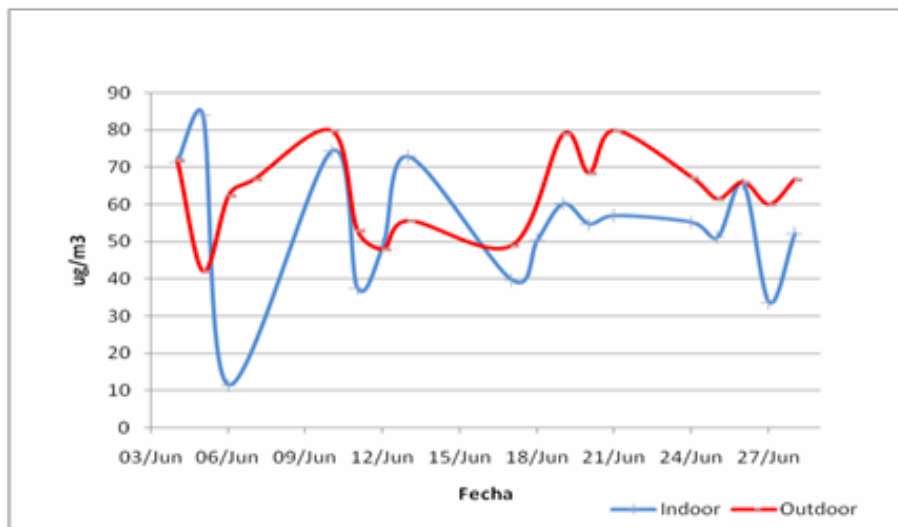
En Kennedy se trabajó en dos jardines infantiles, uno expuesto a la contaminación (el ubicado en Patio Bonito) y el otro menos expuesto a la contaminación (el ubicado en Timiza). En estos jardines también se realizó monitoreos de PM_{2,5} intra y extradomiciliario. A continuación aparecen las gráficas 13 y 14 de comportamiento de las partículas en el jardín infantil de Patio Bonito.

Gráfica 13. Concentración de $PM_{2.5}$ en el mes de Mayo



Fuente: Autoras

Gráfica 14. Concentraciones de $PM_{2.5}$ en Patio Bonito en el mes de junio



Fuente: Autoras

Según las correlaciones halladas y comparando cada una de las gráficas, las concentraciones de $PM_{2.5}$ tanto extramural como intramural no influyen para ninguno de los dos meses, probablemente esto se deba a que Patio Bonito tiene barreras vivas que no dejan salir de nuevo el material particulado a la altura de los niños, pero sí ingresa fácilmente el material sobre los arbustos que rodean el jardín, la vía que une a Corabastos y el comercio en general hace que existan muchas fuentes de emisión de partículas.

Junto a la Salacuna hay un gran patio (figura 34) con pasto donde juegan los niños, el cual se podría decir que es un área libre de contaminación, pero actúa como un gran hoyo donde se acumula el $PM_{2,5}$

Figura 35. Zona de Juegos en el jardín de Patio Bonito.

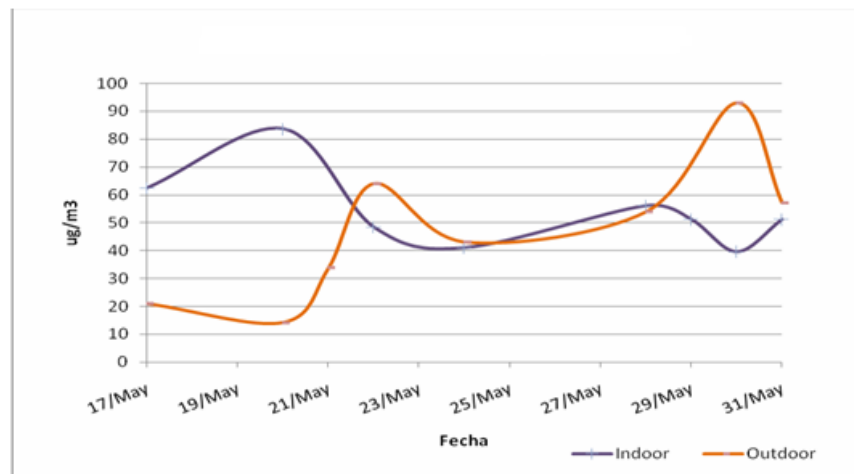


Fuente: Autoras

6.3.3. Comportamiento de $PM_{2,5}$ en Kennedy (Timiza)

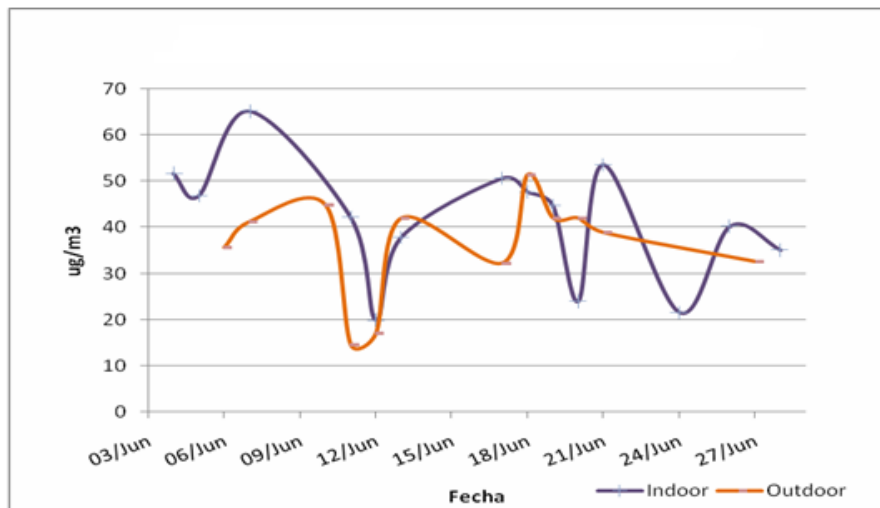
En las gráficas 15 y 16 vemos el comportamiento del material particulado inferior a 2,5 micras en el jardín infantil de Timiza para los meses de mayo y junio.

Gráfica 15. Concentración de $PM_{2,5}$ en Timiza mayo



Fuente: Autoras

Gráfica 16. Concentración de $PM_{2,5}$ en Timiza junio



Fuente: Autoras

Vemos como en Timiza las concentraciones de $PM_{2,5}$ en los dos meses son muy diferentes las intra de las extramural. Para evidenciar mejor este comportamiento realizamos una correlación de Pearson para cada mes en el jardín de Timiza.

Tabla 4. Correlación de Pearson para el mes de mayo

TIMIZA (mayo)	TIMIZA (mayo)
INDOOR	OUTDOOR
CONCENTR.	CONCENTR.
62.464	68.354
83.611	71.144
48.392	59.040
41.013	46.908
56.064	41.152
51.164	44.687
39.555	61.525
51.135	0.0426
Corr. Pearson	0.335

Fuente: Autoras

En la correlación no existe relación alguna entre la concentración extra sobre la intramural, no hay una influencia directa de que el material particulado del exterior sea equivalente al que existe dentro del jardín.

Para el mes de junio, el comportamiento en Timiza fue diferente y muy inestable, pero con la correlación de Pearson miramos si en realidad la concentración extramural influye en la intramural en cuanto a $PM_{2,5}$.

Tabla 5. Correlacion de Pearson en el mes de junio

TIMIZA (Junio)	TIMIZA (Junio)
INDOOR	OUTDOOR
CONCENTR.	CONCENTR.
65.197	35.651
42.258	41.240
19.885	14.604
37.824	17.032
50.660	42.001
47.695	32.280
44.721	51.446
23.987	42.072
53.596	42.047
21.570	38.900
40.256	32.605
Corre. Pearson	0.329

Fuente: Autoras

En ningún mes existe correlación entre las concentraciones de $PM_{2,5}$ intra y extramural, esto se debe a que las concentraciones que existan fuera del jardín y las que se hayan dentro se comportan muy diferentes por factores como el clima y las condiciones ambientales de cada jardín. Esto sucedió tanto en los dos jardines el Expuesto y el menos expuesto de la misma localidad.

6.4. CORRELACIÓN ENTRE EL $PM_{2,5}$ Y LA CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS INTRAMURALES

Tenemos las concentraciones de microorganismos tanto intra como extramural en las dos jornadas para cada jardín infantil en los días de muestreo. De los datos de $PM_{2,5}$ tenemos registros diarios por cada mes en cada jardín intra y extramural. Para poder realizar una correlación es necesario tener el equivalente de datos según las fechas de muestreo.

6.4.1. Correlación en Fontibón

En las tablas 6 y 7 aparecen las correlaciones de dichos datos para el jardín infantil de Fontibón en abril y mayo, discriminado por indoor y outdoor.

Tabla 6. Correlación en el mes de Abril.

FONTIBON	MES DE ABRIL		
INDOOR		OUTDOOR	
PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)	PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)
139.28	86	107.89	90
27.05	81	51.44	56
75.33	24	158.52	39
67.5	76	110.59	46
COEF. CORREL.	0.117359854	COEF. CORREL.	-0.29705631

Fuente: Autoras

Tabla 7. Correlación en el mes de Mayo

FONTIBON	MES DE MAYO		
INDOOR		OUTDOOR	
PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)	PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)
53.41	94	99.23	24
117.03	78	119.59	23
35.46	84	28.56	29
COEF. CORREL.	-0.638	COEF. CORREL.	-0.998

Fuente: Autoras

Los dos valores de correlación de Pearson indican que en ninguno de los casos la concentración de PM_{2,5} se correlaciona con la concentración de microorganismos intramurales en el jardín infantil de Fontibón.

No necesariamente cuando hay alta concentración de PM_{2,5} se favorece la concentración de microorganismos. Las bacterias se adhieren al material particulado, pero vemos que en el caso de Fontibón los microorganismos existen por otros motivos como la contaminación directa que recibe el jardín infantil por la cercanía a comercio y vías de alto tránsito o por fuentes internas como niños enfermos que llegan así desde sus casas.

6.4.2 Correlación en Timiza

Las tablas 8 y 9 muestran la correlación de Pearson para el comportamiento de las concentraciones de PM_{2,5} y de microorganismos.

Tabla 8. Correlación en el mes de mayo

TIMIZA	MAYO		
INDOOR		OUTDOOR	
PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)	PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)
62.464	77	68.354	48
83.611	36	71.144	18
48.392	34	59.040	48
COEF. CORREL.	-0.0741	COEF. CORREL.	-0.67

Fuente: Autoras

Tabla 9. Correlación en el mes de Junio

TIMIZA	JUNIO		
INDOOR		OUTDOOR	
PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)	PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)
46.825	75	190	55
50.902	62	44.899	27
37.824	63	42.001	54
50.660	71	32.280	61
21.570	102	39.77	20
COEF. CORREL.	-0.811	COEF. CORREL.	0.310

Fuente: Autoras

Según las anteriores tablas, en el coeficiente de correlación de Pearson no existe una correlación entre las concentraciones de PM_{2,5} y de microorganismos en el jardín infantil de Timiza.

Factores como las condiciones ambientales del jardín, así como la cercanía al Parque Timiza le brinda a los microorganismos un medio para su subsistencia como la humedad y nutrientes producto de la naturaleza. Por tal motivo la contaminación generada por otras fuentes como los carros no está influyendo en la presencia de bacterias dentro del jardín.

6.4.1. Correlación en Patio Bonito

En el caso de Patio Bonito se realizó el mismo procedimiento de obtener el coeficiente de correlación de Pearson. A continuación se presenta la tabla 10 y 11 y las gráficas 17 y 18 que contienen la correlación existente entre el PM_{2,5} y la cantidad de microorganismos intramurales.

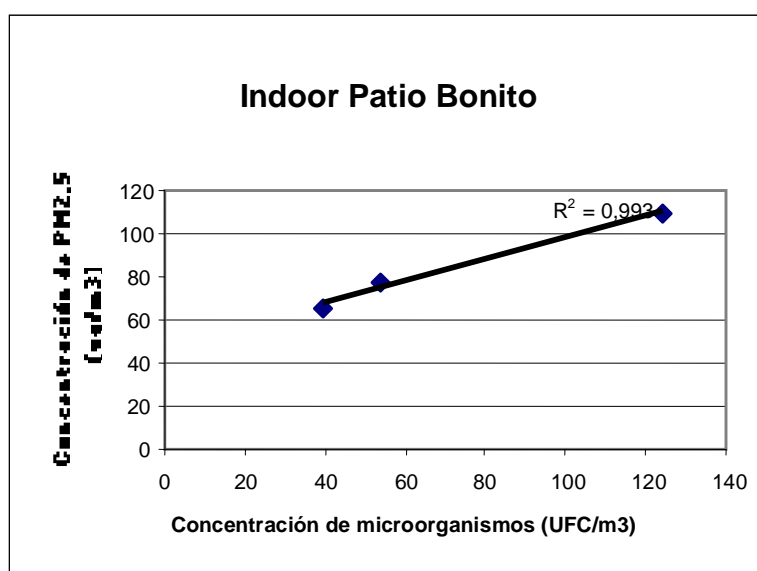
Tabla 10. Correlación en el mes de Mayo

PATIO BONITO		MAYO	
INDOOR		OUTDOOR	
PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)	PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)
124.270	110	20.939	67
54.045	77	14.160	63
39.757	66	63.968	155
COEF. CORREL.	0.996	COEF. CORREL.	0.996

Fuente: Autoras

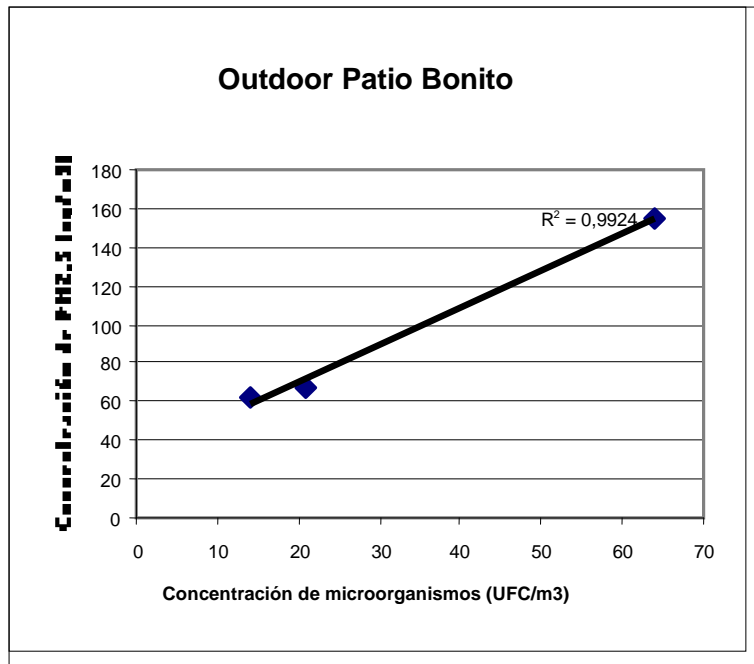
Se observa la relación de los datos de PM_{2,5} con la concentración de microorganismos ya que el coeficiente de Pearson da cercano a 1. Significa que si hay presencia de material particulado inferior a 2,5 micras es muy probable que aumente la cantidad de bacterias en el ambiente interno del jardín. Viendo la bitácora de muestreos (Anexo C. Bitácora) en el mes de mayo hubo poca radiación solar debido tal vez a la alta nubosidad en los días de muestreo. Estos factores pueden influir en que las partículas se mantengan por más tiempo en el aire y por ende se adhieren más fácil las bacterias, las cuales ingresan al jardín. Esto también puede ser influenciado por la resuspensión de material por el paso constante de vehículos particulares, de carga, de servicio público, además del alto nivel de comercio de la zona y que el jardín no tenga barreras suficientes para que detenga el ingreso de material particulado o bacterias.

Grafica 17: Correlación de PM_{2,5} y UFC (Indoor)



Fuente: Autoras

Grafica 18: Correlacion de PM_{2,5} y UFC (Outdoor)



Fuente: Autoras

Tabla 11. Correlación con SPSS (indoor)

Correlaciones

		UFC	PM25
UFC	Correlación de Pearson	1	,996
	Sig. (bilateral)		,053
	N	3	3
PM25	Correlación de Pearson	,996	1
	Sig. (bilateral)	,053	
	N	3	3

Fuente: Autoras

Tabla 12. Correlación con SPSS (outdoor)

Correlaciones			
		UFC	PM25
UFC	Correlación de Pearson	1	,996
	Sig. (bilateral)		,056
	N	3	3
PM25	Correlación de Pearson	,996	1
	Sig. (bilateral)	,056	
	N	3	3

Fuente: Autoras

Para el mes de junio el caso es completamente distinto, en la tabla 13 se observa el comportamiento de la correlación.

Tabla 13. Correlación en el mes de Junio

PATIO BONITO		MES DE JUNIO	
INDOOR		OUTDOOR	
PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)	PM _{2,5} (ug/m3)	CONCEN (UFC/m3)
83.832	143	41.911	157
74.257	39	79.777	34
72.813	94	55.527	165
39.670	151	48.853	112
55.162	131	67.187	140
COEF. CORREL.	-0.433	COEF. CORREL.	-0.729

Fuente : Autoras

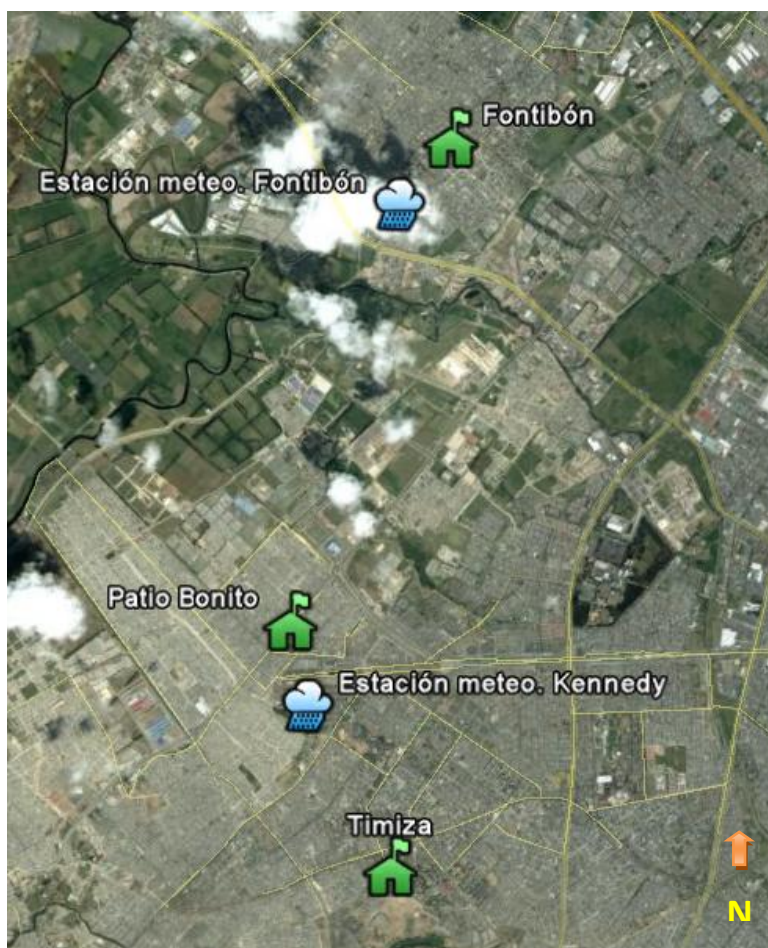
En junio la presencia de PM_{2,5} en el ambiente no influye en la cantidad de bacterias por metro cúbico en el exterior del jardín infantil. Como en el caso anterior, este comportamiento puede ser posible debido a las condiciones climatológicas del momento del muestreo. Si se observa el (Anexo C. Bitácora) se evidencia que en junio la nubosidad fue baja y la radiación solar alta, lo que puede influir a que la atmósfera esté menos dinámica y el material particulado no posea las condiciones necesarias para la adhesión de las bacterias y ocurra lo contrario, que el material particulado exista pero que no favorece la aparición de bacterias, ya que ellas se mantienen por otros factores como la humedad o materia orgánica en el aire y la cercanía de Corabastos al jardín puede brindarle estas condiciones.

6.5. CONDICIONES METEREOLÓGICAS DURANTE EL MUESTREO

Por medio de la red de monitoreo de calidad de aire de Bogotá se obtuvieron algunos de los datos meteorológicos (Anexo Q. Red de monitoreo de calidad de aire), en las estaciones de Kennedy y Fontibón, las cuales nos brindan información como velocidad y dirección del viento, precipitación y temperatura, la humedad relativa se obtuvo por medio de un equipo llamado termohigrómetro del laboratorio de la universidad de La Salle, en donde se tomaban los datos cada vez que se realizaban los muestreos en los respectivos jardines, mediante estos datos se busca correlacionar la concentración de microorganismos con el clima día a día durante la investigación.

En la figura 36 se aprecia la ubicación de los tres jardines infantiles y las estaciones de monitoreo de calidad de aire más cercanas, con el fin de obtener información de alta confianza para los análisis.

Figura 36. Ubicación de los Jardines Infantiles y las Estaciones de Monitoreo



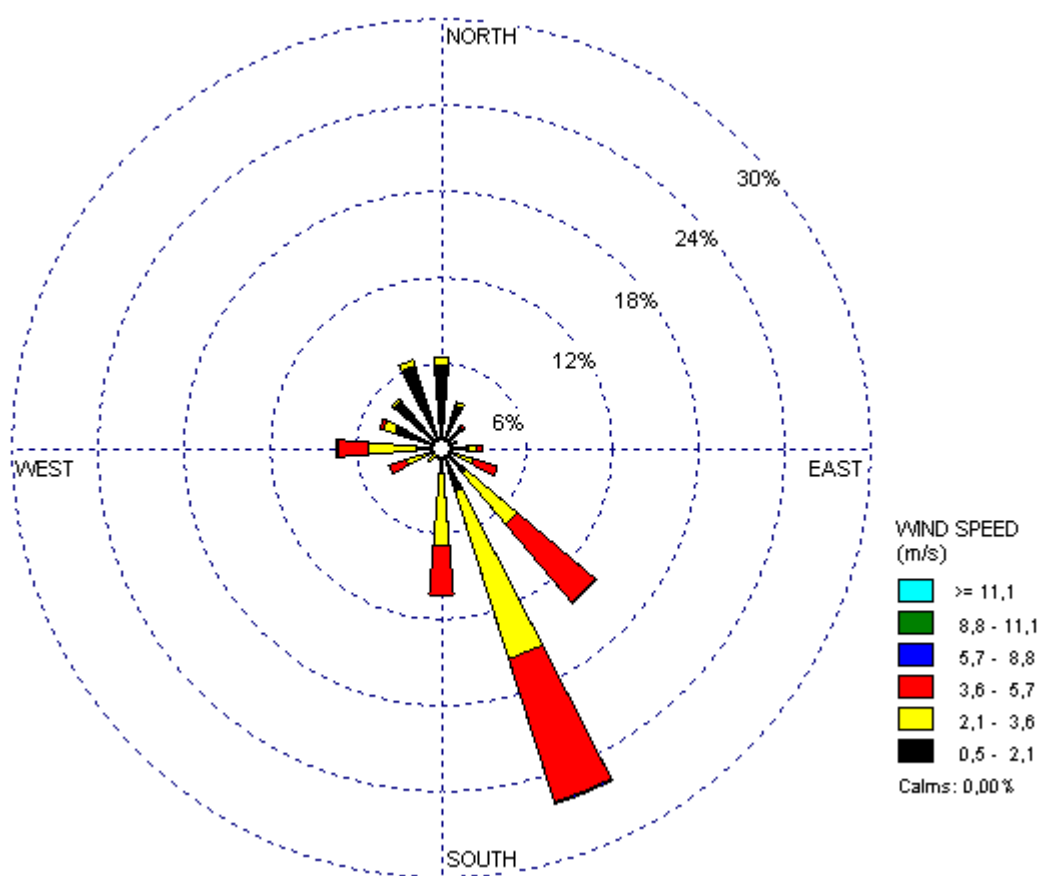
Fuente: www.googleearth.com

La estación de Fontibón queda al suroccidente del jardín infantil de dicha localidad. La estación meteorológica de Kennedy queda al sur del jardín infantil de Patio Bonito y al noroccidente del jardín de Timiza.

6.5.1. Comparación entre la dirección y velocidad del viento y la concentración de microorganismos en la Localidad de Kennedy

Gracias a la información suministrada por la red de monitoreo (Anexo N. Datos Meteorológicos) se obtuvieron las siguientes rosas de viento, que nos permiten ver la influencia del viento en la dispersión de contaminantes, en la llegada de material particulado y bioaerosoles al los jardines y en la presencia de enfermedad en los niños.

Figura 37. Rosa de vientos mes de Abril en Kennedy



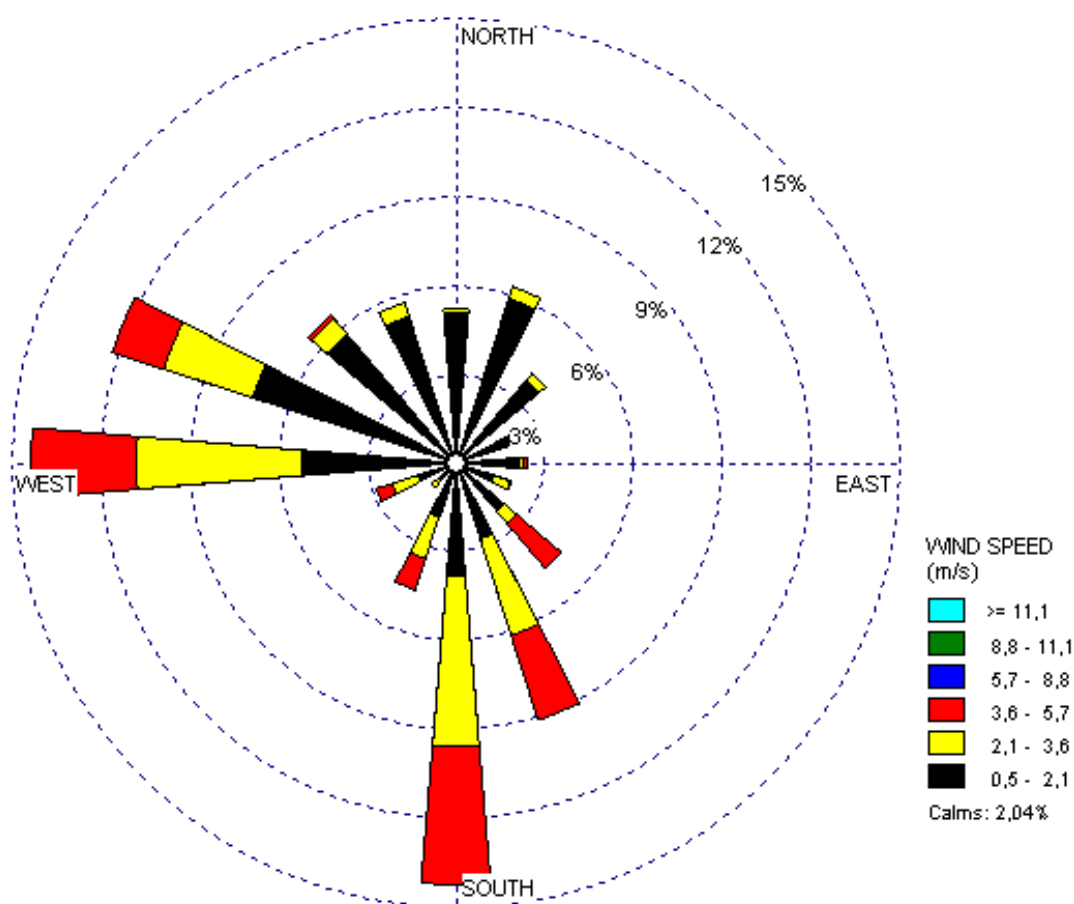
Fuente: Autoras

Alrededor de un 25% del tiempo el viento va en dirección suroriente hacia el noroccidente, alcanzando valores de 5,7 m/s. Con base en la ubicación de las estaciones y de los

jardines infantiles, vemos como en abril el viento favoreció la llegada de contaminantes al jardín infantil de Patio Bonito y se puede comparar con los resultados de $PM_{2,5}$ de dicho mes, donde se alcanzaron valores de hasta $121 \mu g/m^3$, así que sí influyó el comportamiento del viento este mes en dicho jardín. El jardín de Timiza no se vio afectado por dicho comportamiento.

Para el mes de mayo hubo dos tendencias grandes del comportamiento del viento. Alrededor de la mitad del tiempo el viento se dirigió hacia el oriente y la otra mitad se dirigió hacia el norte.

Figura 38. Rosa de Viento en el Mes de Mayo para Kennedy



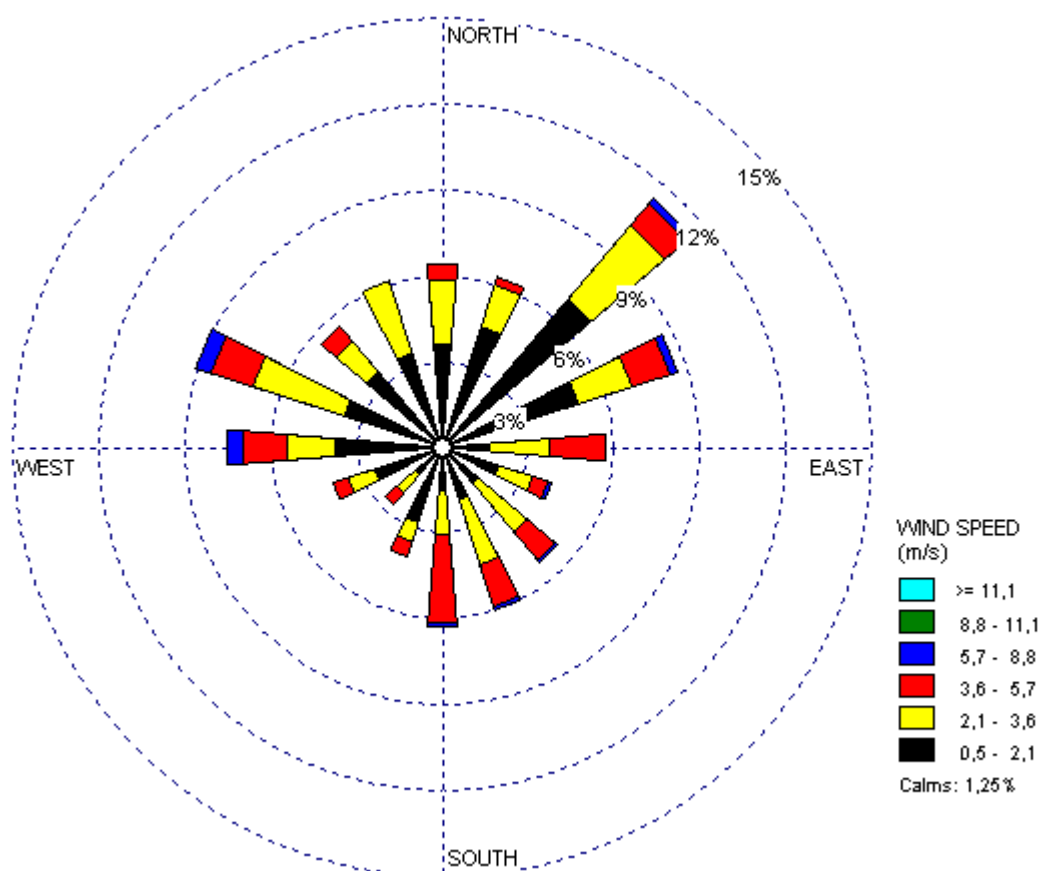
Fuente: Autoras

Los principales vientos fueron de intensidad pequeña (entre 2,1 y 5,7 m/s) Es una velocidad baja que permite que las partículas y demás materiales presentes en el aire se mantengan por más tiempo y se reduzca la dispersión.

Como se observa en la figura 38 para el mes de junio sucedió exactamente lo mismo que el mes de abril, los vientos favorecieron la llegada de aerosoles y demás partículas al jardín infantil de Patio Bonito, mientras que el de Timiza no sufrió porque le llegara contaminación de la zona más problemática de la localidad y de las vías principales que rodean a Patio Bonito.

6.5.2. Comparación entre la dirección y velocidad del viento y la concentración de microorganismos en Fontibón

Figura 39. Rosa de Viento en el mes de Abril para Fontibón



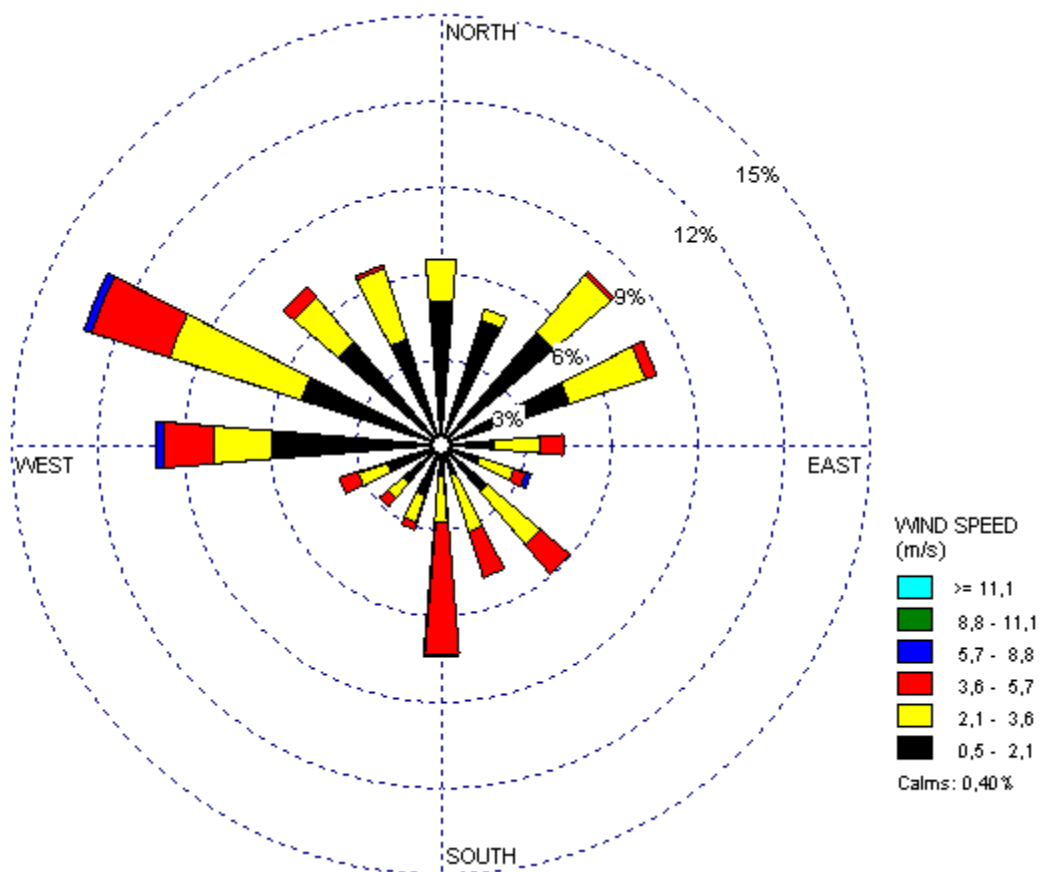
Fuente : Autoras

En la estación de Fontibón, para el mes de abril, los vientos predominantes se dirigían hacia el suroccidente y hacia el suroriente. La dirección del viento registrada por la rosa de vientos indica que la contaminación proveniente de la Calle 13 y de la zona industrial que hay sobre esta vía no llegaría directamente al jardín infantil de Fontibón sino que se

dirige hacia Patio Bonito. Es probable que la contaminación registrada en el jardín provenga de vías secundarias que rodean el punto de estudio.

En el mes de mayo, el comportamiento del viento se evidencia en la figura 40.

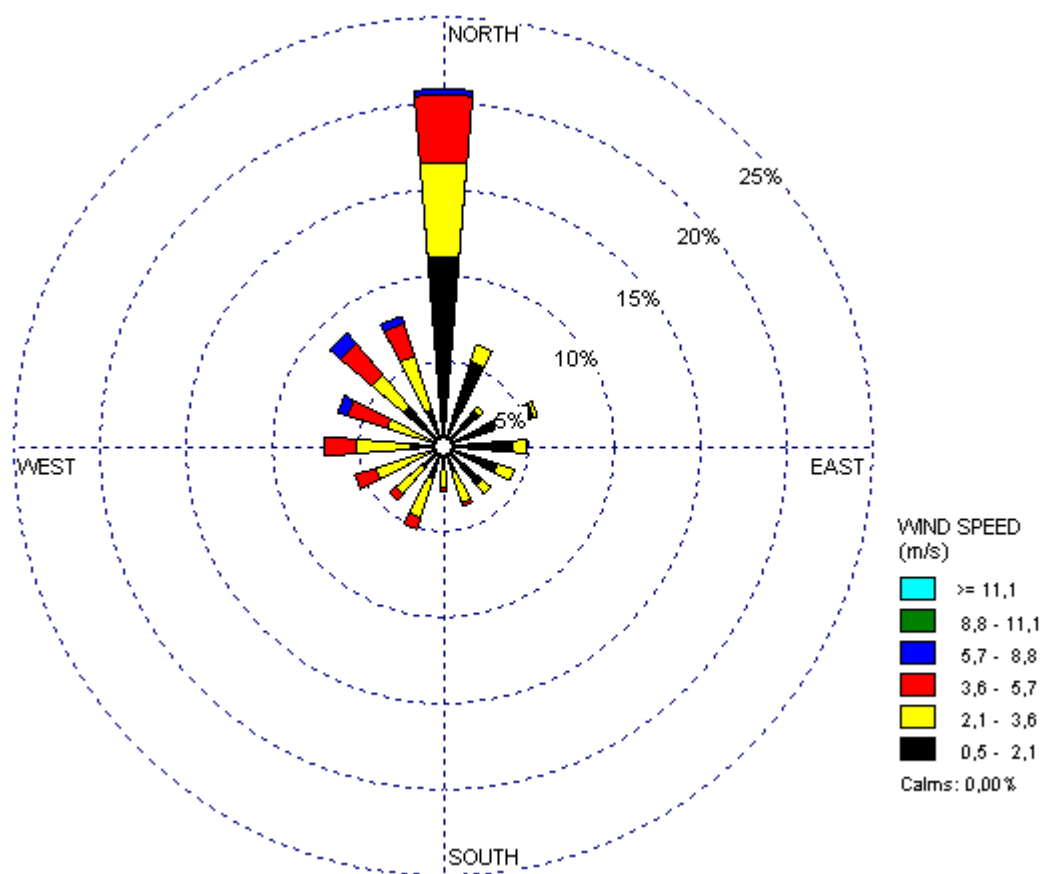
Figura 40. Rosa de Viento en el mes de Mayo para Fontibón



Fuente: Autoras

Esta rosa de vientos muestra que el viento va en dirección suroriente y que por lo tanto los contaminantes de la zona industrial no llegarían al jardín infantil.

Figura 41. Rosa de Viento en el mes de junio para Fontibón



Fuente: Autoras

Para el mes de junio se muestra que el viento se dirigió hacia el sur con el 21% del tiempo.

Gracias a la información brindada por la rosa de vientos se concluyó que la contaminación concentrada en la zona industrial de la localidad no llegaría al jardín infantil y que, puede que esté en una localidad de alta contaminación pero en realidad le llegan contaminantes en menor concentración y proveniente de otras zonas del norte como la avenida calle 26.

6.6. CORRELACIÓN ENTRE LA HUMEDAD Y LA CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS

En el Anexo C se encuentra la bitácora de recolección de información de cada punto de muestreo. Cada tabla específica un jardín infantil. Dichas tablas contienen el día y la fecha de muestreo, la jornada, el porcentaje de humedad del ambiente, la temperatura ambiente, la hora de muestreo las cuales fueron tomadas con el termohigrómetro, las

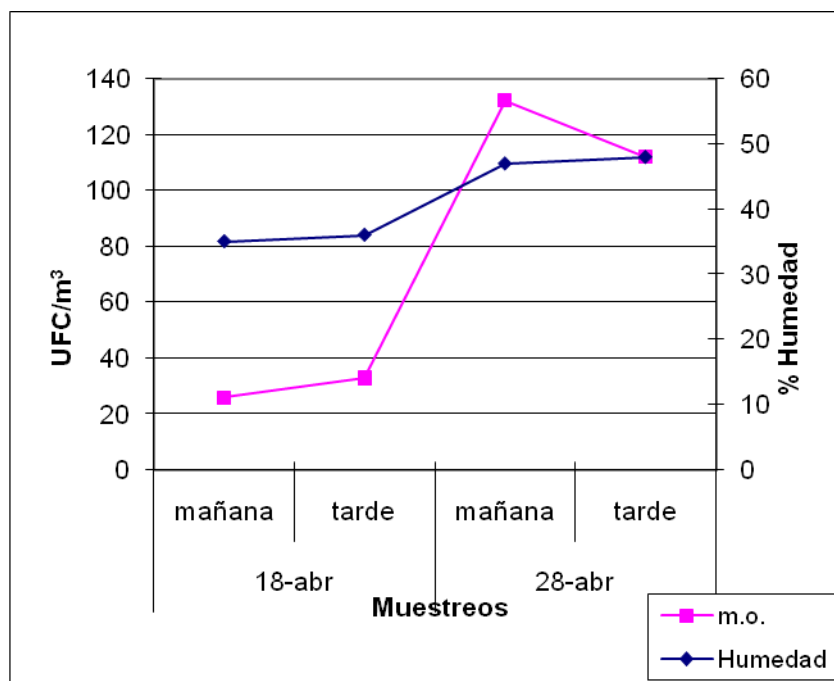
condiciones atmosféricas valoradas cualitativamente por las investigadoras (nubosidad, viento, radiación solar) y observaciones de condiciones ambientales en el momento de toma de muestras.

Revisando la información de la bitácora del día de mayor concentración de microorganismos, se observa que la humedad registrada en los tres jardines fue relativamente baja en horas de la mañana (47% promedio), comparada con las registradas los otros días (42% promedio) y en las horas de la tarde fue de (48% promedio), muy cercana a la humedad total de los muestreos en la tarde (50%).

Ahora, el día que se presentó la menor concentración de microorganismos la humedad se comportó de la siguiente forma: 35% de humedad promedio se presentó en la mañana y en la tarde fue de 36% promedio.

En la gráfica 19 se observa el comparativo de la humedad ambiente contra la concentración de microorganismos del jardín infantil de Timiza Tomamos como referencia este punto ya que fue el que presentó mayor porcentaje de humedad relativa. Vemos que la humedad y la concentración de microorganismos son directamente proporcionales, porque a medida que la humedad aumenta, los microorganismos también aumentan su concentración.

Gráfica 19. Comparación entre la Humedad y UFC durante el periodo de muestreo en Timiza



Fuente: Las Autoras

6.7. CORRELACIONES ENTRE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS Y LA CONCENTRACIÓN DE MICROORGANISMOS

6.7.1. Patio Bonito

Con la ayuda del programa estadístico SPSS se realizaron las correlaciones de Pearson buscando hallar alguna relación entre los factores meteorológicos y la cantidad de microorganismos registrados en los jardines infantiles.

Existe una significancia entre la concentración de los microorganismos con la temperatura, en donde el aumento de esta repercute en la concentración de bacteria, para este jardín la cercanía a corabastos ayuda al crecimiento de las mismas cuando aumenta la temperatura.

En la tabla 14 se observan las correlaciones de Pearson obtenidas para el jardín de Patio Bonito.

Tabla 14. Correlación de UFC con Factores Meteorológicos en Patio Bonito

Correlaciones		UFC	Humedad	Velviento	Temperatura
UFC	Correlación de Pearson	1	,178	,197	,496*
	Sig. (bilateral)		,404	,356	,014
	N	24	24	24	24
Humedad	Correlación de Pearson	,178	1	,099	-,338
	Sig. (bilateral)	,404		,645	,107
	N	24	24	24	24
Velviento	Correlación de Pearson	,197	,099	1	,275
	Sig. (bilateral)	,356	,645		,194
	N	24	24	24	24
Temperatura	Correlación de Pearson	,496*	-,338	,275	1
	Sig. (bilateral)	,014	,107	,194	
	N	24	24	24	24

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Autoras

Se observa como la concentración de microorganismos se relaciona en parte con la temperatura para este jardín infantil. Los demás parámetros no tienen relación directa con la concentración de microorganismos.

6.7.2. Timiza

Analizando los datos con el programa estadístico SPSS determinamos que la concentración de microorganismos se relaciona con la velocidad del viento para este jardín. En el frente del jardín hay un gran espacio abierto que permite la circulación y movimiento de aire y que según la correlación de Pearson influye en la presencia de las bacterias.

En la tabla 15 se observan las correlaciones de Pearson obtenidas.

Tabla 15. Correlación de UFC con Factores meteorológicos en Timiza

Correlaciones		UFC	Humedad	Velviento	Temperatura
UFC	Correlación de Pearson	1	,236	,436*	,232
	Sig. (bilateral)		,267	,033	,276
	N	24	24	24	24
Humedad	Correlación de Pearson	,236	1	-,028	-,414*
	Sig. (bilateral)	,267		,895	,044
	N	24	24	24	24
Velviento	Correlación de Pearson	,436*	-,028	1	,437*
	Sig. (bilateral)	,033	,895		,033
	N	24	24	24	24
Temperatura	Correlación de Pearson	,232	-,414*	,437*	1
	Sig. (bilateral)	,276	,044	,033	
	N	24	24	24	24

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Autoras

6.7.3. Fontibón

Para el jardín de Fontibón no hay ninguna correlación significativa entre concentración de microorganismos y factores meteorológicos.

6.8. SEGUIMIENTO DE IRA Y ERA QUE AFECTAN A NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS UBICADOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

6.8.1. Diario de Síntoma

El diario de síntoma es un registro obtenido mediante visitas de personal del hospital (enfermeras) a cada uno de los jardines para valorar el estado de los niños frente a una posible infección y enfermedad. Este reporte del Hospital del Sur, incluye la

sintomatología de las enfermedades respiratorias con el fin de prevenirlas (Anexo O. Diario de Síntoma).

A continuación se presenta la correlación existente entre el diario de síntoma y la concentración de microorganismos presente en el jardín de Fontibón.

Tabla 16. Correlación para el mes de Abril

FONTIBON	MES DE ABRIL
DIARIO DE SINTOMA	CONC. (UFC/m3)
42	86
39	81
25	24
39	76
COEF. CORREL.	0,995507786

Fuente: Autoras

Tabla 17. Correlación con SPSS.

Correlaciones			
		CONC. DE MICROOR. UFC	DIARIO DE SINTOMA ABRIL
UFC	Correlación de Pearson	1	,996**
	Sig. (bilateral)		,004
	N	4	4
DIARIO DE SINTOMA ABRIL	Correlación de Pearson	,996**	1
	Sig. (bilateral)	,004	
	N	4	4

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Autoras

Existe una correlación en este mes, probablemente como consecuencia de que fue un mes lluvioso, y según boletín de la Secretaria de Salud hubo en este mes hubo mayor cantidad de niños afectados por este factor meteorológico. Esto se refleja en el comportamiento del diario de síntoma de dicho jardín.

Tabla 18. Correlación en el mes de mayo

FONTIBON	MES DE MAYO
DIARIO DE SINTOMA	CONC. (UFC/m3)
32	93
27	78
27	83
COEF. CORREL.	0,944911183

Fuente: Autoras

Tabla 19. Correlación con SPSS

Correlaciones			
		CONC. DE MICROOR. UFC	DIARIO DE SINTOMA DE MAYO
UFC	Correlación de Pearson	1	,945
	Sig. (bilateral)		,212
	N	3	3
DIARIO DE SINTOMA DE MAYO	Correlación de Pearson	,945	1
	Sig. (bilateral)	,212	
	N	3	3

Fuente: Autoras

Según la tabla 19 se observa, que la intensidad de las lluvias fue bajando y como consecuencia la correlación es menor, pero debido a esto se ve gran influencia de los microorganismos con el diario de síntoma.

Tabla 20. Correlación en el mes de junio

FONTIBON	MES DE JUNIO
DIARIO DE SINTOMA	CONC. (UFC/m3)
29	63
42	156
20	60
42	137
38	106
COEF. CORREL.	0,917

Fuente: Autoras

Tabla 21. Correlación con SPSS

Correlaciones			
		CONC. DE MICROOR. UFC	DIARIO DE SINTOMA DE JUNIO
UFC	Correlación de Pearson	1	,917*
	Sig. (bilateral)		,028
	N	5	5
DIARIO DE SINTOMA DE JUNIO	Correlación de Pearson	,917*	1
	Sig. (bilateral)	,028	
	N	5	5

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Autoras

Y en el mes de Junio siguen las correlaciones de forma descendente, pero influyendo la concentración de microorganismos con el diario de síntoma, aunque según reportes de la Secretaría de Salud en este mes las época de lluvia disminuyó paulatinamente.

En los tres meses existió una correlación alta en el jardín de Fontibón debido a que se presenta una sintomatología como: tos, fiebre, ahogo, dolor de cabeza, ojos irritados, alta mucosidad, flemas, dolor de garganta, entre otras. Estas manifestaciones ocurren debido a diferentes factores: mala distribución dentro del salón de las diferentes edades, no existe un aislamiento de zonas como aseo y cocina, hay demasiados niños para el espacio que disponen, el personal que labora allí no tienen un buen manejo de los implementos de protección personal, además el salón no cuenta con una buena recirculación de aire por lo que el material particulado y los bioaerosoles permanecen dentro de éste provocando estos síntomas en cada uno de los niños.

6.8.2. Reporte individual de prestaciones de Salud (RIPS)

Los RIPS son registros que se adquieren en cada uno de los hospitales de la zona, en el caso de Kennedy es el Hospital del Sur quien nos suministró dichos datos. Estos reportes contienen información del paciente que ingresó al hospital por problemas respiratorios. (Anexo P Reporte Individual de Prestación de Salud)

Para obtener la correlación entre RIPS y concentración de microorganismos extramurales, fue necesario tabular los casos de niños reportados como enfermos que recurrieron a la sala de urgencias por presentar problemas en el sistema respiratorio de cada mes y se comparó con las concentraciones de microorganismos de dicho mes.

En la tabla 22 se evidencia la correlación existente entre los RIPS de abril en Kennedy contra la concentración de microorganismos de ese mes.

Tabla 22. Correlación en el mes de abril

MES DE ABRIL	
HOSP. SUR	KENNEDY
RIPS	CONC. UFC/m3
40	42
35	96
23	29
45	145
Corr. Pearson	0,715

Fuente: Autoras

Tabla 23. Correlación con SPSS

Correlaciones

		RIPS ABRIL	UFC
RIPS ABRIL	Correlación de Pearson	1	,715
	Sig. (bilateral)		,285
	N	4	4
UFC	Correlación de Pearson	,715	1
	Sig. (bilateral)	,285	
	N	4	4

Fuente: Autoras

Tabla 24. Correlación en el mes de mayo

MES DE MAYO	
HOSP. SUR	KENNEDY
RIPS	CONC. UFC/m3
32	57
28	40
36	101
correlacion	0,968

Fuente: Autoras

Tabla 25. Correlación con SPSS

Correlaciones

		RIPS MAYO	UFC
RIPS MAYO	Correlación de Pearson	1	,969
	Sig. (bilateral)		,159
	N	3	3
UFC	Correlación de Pearson	,969	1
	Sig. (bilateral)	,159	
	N	3	3

Fuente: Autoras

Tabla 26. Correlación en el mes de Junio

MES DE JUNIO	
HOSP. SUR	KENNEDY
RIPS	CONC. UFC/m3
49	105
19	30
35	109
34	86
28	80
correlacion	0,840

Fuente: Autoras

Tabla 27. Correlacion con SPSS

Correlaciones

		RIPS JUNIO	UFC
RIPS JUNIO	Correlación de Pearson	1	,840
	Sig. (bilateral)		,075
	N	5	5
UFC	Correlación de Pearson	,840	1
	Sig. (bilateral)	,075	
	N	5	5

Fuente: Autoras

Los resultados obtenidos señalan que existe una correlación casi directa entre los casos reportados en los hospitales de niños enfermos en los jardines con los valores de UFC/m³

de bacterias encontradas en el ambiente extramural. Esto también es un reflejo de los reportes de Diario de Síntoma, ya que si un niño presenta complicaciones respiratorias, es probable que tenga que recurrir a atención médica más especializada para un diagnóstico más certero y un tratamiento adecuado a su estado.

6.9. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS JARDINES FRENTE A CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS

Con base en los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, donde algunos factores como la concentración de $PM_{2.5}$, las condiciones meteorológicas y la presencia de infecciones en los niños no se correlaciona directamente con la concentración de microorganismos encontrados en cada punto de muestreo, se plantea también buscar la influencia que tienen las condiciones ambientales de cada jardín sobre dichas concentraciones. Condiciones como el tamaño del salón, la cantidad de ventanas, la cantidad de tiempo abiertas las ventanas, las actividades que se desarrollan dentro del jardín, la cantidad de niños, los niños enfermos, el aseo dentro del salón influyen en que se presenten concentraciones de microorganismos diferentes, sumado a los otros factores como el material particulado y el clima.

En la tabla 28 se tiene un comparativo cualitativo entre los tres jardines objeto de investigación. Se tienen como aspectos a evaluar los que influyan en la alta o baja concentración de contaminación en el jardín. Estos aspectos son expuestos a partir de la observación de las investigadoras y del propósito que es valorar cada jardín infantil.

Tabla 28. Características de los Jardines infantiles

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LOS JARDINES INFANTILES A PARTIR DE LA OBSERVACIÓN			
CARACTERÍSTICA	J.I. PATIO BONITO	J.I. TIMIZA	J.I. FONTIBÓN
Volumen de aire disponible	1	4	4
Entrada/salida de aire	0	3	2
Área del salón/niños	2	4	4
Área de acceso a aire	3	2	1
Aislamiento de sectores dentro del salón	0	2	0
Distanciamiento de la contaminación	0	3	2
Aseo dentro del jardín	2	4	2
Zonas verdes alrededor	0	4	1
TOTAL	8	26	16

ESCALA			
Excelente	5	Regular	2
Muy bueno	4	Malo	1
Bueno	3	Pésimo	0

Fuente: Autoras

En los (Anexos E, F, y G) se encuentran los planos de los jardines infantiles, identificando las condiciones ambientales a que se hace referencia en este capítulo.

6.9.1. JARDÍN INFANTIL DE PATIO BONITO

Los niños permanecen dentro del salón de 7 a.m. A las 9 a.m es la hora de las onces, luego los sacan al patio entre las 10 a.m hasta las 11 a.m para realizarles ejercicios. A las 11:30 a.m es la hora del almuerzo, momento en el cual las profesoras le dan el almuerzo a cada niño. A las 12:30 p.m es la hora de dormir y las profesoras en ese tiempo realizan labores de arreglo del salón superficiales. Luego despiertan a los niños y les cambian el pañal a todos. La profesora usa guates de látex y tapabocas y tienen uniforme. Junto a la zona de cambio de pañales no hay un lavado.

Figura 42. Salacuna en Patio Bonito



Fuente: Autoras

Todos estos factores son además influenciados por la cercanía a Corabastos. Esta central de alimentos opera todos los días, produciendo contaminación atmosférica por generación y suspensión de partículas y microorganismos en el manejo de los productos y en emisiones por parte de los vehículos que circulan. Como el jardín infantil tiene una barrera de árboles muy pobre, resulta factible el ingreso de material particulado, microorganismos y demás contaminantes aéreos.

Figura 43. Corabastos



Fuente: Autoras

Figura 44. Cerca viva en el jardín de Patio Bonito



Fuente: Autoras

6.9.2. JARDÍN INFANTIL DE TIMIZA

Los niños ingresan a las 7 a.m de la mañana, a las 9 a.m les dan las onces, a las 12:00 p.m es la hora de almorzar y a los más pequeños las profesoras le dan el almuerzo en sillas de bebé, los demás niños comen en un comedor que se ubica en la mitad del salón. Luego colocan a los bebés a dormir hasta las 3 p.m. Al despertar les cambian el pañal. Según evidencias registradas en el jardín, las profesoras no usan elementos de

protección personal de ninguna clase. El lavado se encuentra lejos de la zona de cambio de pañales. Este salón tiene unas ventanas que dan al frente del jardín y permanecen abiertas dos de ellas, sus dimensiones son de 0.4 m². y dependiendo de la temperatura del salón abren otra ventana de 0,75 m²

El jardín, por estar ubicado en una zona residencial, posee una exposición baja a los contaminantes, por lo que su influencia sobre el salón de los niños es pequeña y la contaminación allí encontrada y registrada se basa principalmente en fuentes internas como niños enfermos o agentes externos que son transportados y llevados por las personas que habitan allí.

Además, frente al jardín se encuentra el Parque Timiza, el cual tiene un lago, con un área suficiente para generar gran cantidad de vapor de agua en los días cálidos. Esta humedad le brinda a los microorganismos la posibilidad de permanecer más tiempo en el aire y causar más alteraciones en la salud.

Figura 45. Salacuna del jardín Infantil de Timiza



Fuente: Autoras

6.9.3. JARDÍN INFANTIL DE FONTIBÓN

Los niños llegan al jardín a las 7 a.m. a las 9 es la hora de las onces, a las 11:30 a.m es el almuerzo, luego los bebés duermen en sus cunas hasta la hora de cambiarles el pañal. A las 4 p.m llegan los padres por los niños. El salón tiene de entrada de aire la entrada principal que es del tamaño de una puerta normal de uno por 2 metros. Al fondo hay ventanas que sólo se abren un poco. Esta entrada de aire es de $0,2 \text{ m}^2$. Además hay otra entrada de aire constante que es una ventana de $0,88 \text{ m}^2$.

Figura 46. Interior del salón del jardín infantil de Fontibón.



Fuente: Autoras

CONCLUSIONES

- Entre el jardín infantil expuesto y menos expuesto a la contaminación de la misma localidad, las concentraciones de microorganismos se ven influenciadas por sus alrededores (Corabastos), y los establecimientos comerciales cerca de este (Patio Bonito).
- Para el jardín menos expuesto de la localidad de Kennedy las concentraciones de microorganismos fueron menores comparadas con el punto de referencia y al jardín expuesto a la contaminación de la misma localidad.
- Con respecto al Jardín ubicado en Timiza las concentraciones de microorganismos encontradas fueron menores con respecto al Jardín expuesto en la misma localidad y al Punto de referencia, este comportamiento se debe a que el Jardín se encuentra en una zona residencial, sin ninguna clase de comercio ni vía principal que le aporte contaminantes.
- El jardín de Timiza se encuentra en una zona residencial y de poco flujo vehicular que hace que las concentraciones de microorganismos sean menores con respecto a las encontradas en Patio Bonito. Además, el hecho que se encuentre frente al jardín infantil el Parque Timiza ayuda a mantener un aire más limpio.
- Según los resultados obtenidos de concentración de microorganismos durante el periodo de muestreo, se evidenció que en el ambiente intra domiciliario es mayor el porcentaje de bacterias con respecto al ambiente extra domiciliario.
- Comparando los valores de concentración de microorganismos intra domiciliarios con los diarios de Síntomas se observó que hubo una alta relación y significancia durante el periodo de muestreo, comprobando así la permanencia de los microorganismos causantes de alteraciones respiratorias en los niños, manifestándose en sintomatologías típicas de las enfermedades e infecciones respiratorias.
- Teniendo en cuenta la relación microorganismos /PM_{2.5} sólo para el jardín expuesto de la localidad de Kennedy hubo una significancia relativamente alta, la cual indica que las bacterias son beneficiadas por la presencia del material particulado inferior a 2.5 µm, esto como consecuencia de las fuentes de emisión de contaminantes que rodean al jardín y las condiciones meteorológicas que favorecen el transporte de contaminantes de la localidad hacia Patio Bonito.

- Analizando las concentraciones de microorganismos en el jardín infantil de Timiza frente al de Patio Bonito se encontró que la cercanía con las vías principales aportan el material particulado medio de transporte para los microorganismos.
- En general las condiciones meteorológicas individuales no están directamente relacionadas con las concentraciones de los microorganismos en los jardines infantiles, para que exista una relación significativa deben interactuar todos los factores acompañado de otros aspectos como las condiciones ambientales, los alrededores del jardín y factores internos en cada uno de los hogares.
- De los tres jardines en estudio, el que obtuvo una correlación directa entre microorganismos y temperatura fue el jardín expuesto en la localidad de Kennedy, esto pudo haber sido influenciado por la descomposición de la materia orgánica en el sector de Corabastos al aumentar la temperatura ambiente del lugar.
- Durante el periodo de muestreo en los jardines se observó que las condiciones ambientales son favorables para la proliferación de bacterias y hongos, los cuales son causantes de muchas enfermedades respiratorias en los niños.
- Las condiciones ambientales se asocian con: el área disponible por cada niño en el salón, el volumen de aire al interior del salón, la falta de elementos de protección personal para las profesoras, la falta de divisiones en cada una de las zonas como lo son cocinas, baños, comedor, y zona de aseo de los niños y la mala circulación del aire en cada uno de los jardines.
- Con base en los resultados obtenidos de la investigación, se concluyó que si se mejoran las condiciones ambientales de cada jardín disminuyen las enfermedades respiratorias, mejorando así la calidad de vida en los niños.

RECOMENDACIONES

- Todos los trabajos microbiológicos deben implicar la medición de la humedad relativa por parte de los autores de la investigación, ya que influye significativamente en la permanencia de microorganismos.
- Seleccionar un punto de referencia o blanco donde se puedan tomar mayor cantidad de muestras, con el fin de que sea representativo para la investigación.
- Tomar como referencia los resultados obtenidos en esta investigación para poder trabajar mucho más en el mejoramiento de las condiciones ambientales, una herramienta útil es utilizando modelos de circulación de aire dentro del jardín, tomando datos como temperatura del salón, volúmenes de aire, entre otros aspectos para llevar a cabo la modelación.
- Mejorar los hábitos higiénicos del personal responsable del cuidado de los niños, para evitar propagación de bacterias en el ambiente, esto hace referencia a usar elementos de protección personal las personas que asean a los niños. En lo posible asignar una sola persona para esta labor y que no tenga contacto directo con los niños a lo largo de la jornada.
- Debe existir zonificación de las diferentes actividades en el jardín para prevenir y evitar que los microorganismos habiten otras zonas y se desarrollen con más facilidad. Estas recomendaciones aplican para los tres jardines. La separación de ambientes se puede realizar con biombos o pantallas acrílicas que impidan la propagación de gérmenes.
- Aumentar la frecuencia de aireación de los jardines y programar dichas actividades para que sean realizadas a diario. Es necesario que estén constantemente abiertas ventanas en lados opuestos al salón, lo cual permite la circulación de aire.
- Adecuar puertas y ventanas para que se permita el paso del aire sin que esto afecte la seguridad de los niños.
- Realizar campañas a los padres de Familia por parte de la Secretaría de Salud sobre cómo prevenir las enfermedades respiratorias en cada uno de los jardines, en los hogares y determinar las posibles causas de morbilidad en los niños.

BIBLIOGRAFÍA

ARISTIZÁBAL, Gustavo; SUESCÚN, Jorge; PATIÑO, Rosa Isabel. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda, Santafé de Bogotá. Centro de investigaciones. Programa de investigación y desarrollo Tecnológico en ambiente, salud y comunidad. Universidad El Bosque, 1997.

BEHRENTZ Eduardo; CANCINO Juliana; GAITÁN Mauricio. Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. Analysis of Bogota's Air Quality. 2007.

BENAVIDES Ballesteros Henry Oswaldo. Simulación de la dispersión de material particulado por chimeneas industriales en Bogotá. IDEAM

BLANCO, L. Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. Universidad De La Salle, 2003.

BROCK. Biología de los microorganismos. España: editorial Prentice Hall Iberia. 1999

CARMONA Oswaldo; GOMEZ, María Josefina. Microbiología Médica de Divo. McGraw Hill –Interamericana. 1997 P. 50

Componente control de las infecciones respiratorias agudas. Plan de acción para la implantación y monitoreo de las acciones de control de las infecciones respiratorias agudas. Comité Coordinador interagencial. UNICEF. 2001

CONTRAN, Ramzi.y KUMAR, Vinay. Patología estructural y funcional. España: MacGraw Hill. 5 ed. 1997.

CORTEZ Lugo Marlene. Evaluación de la calidad del aire interior y exterior en un jardín de niños de la Ciudad de México. 1998

CRUZ Orjuela Andrea – JIMÉNEZ Andrés. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM2.5 y PM10) en la localidad de Puente Aranda. Universidad De La Salle, 2005.

DANTE Lionel; QUIÑONEZ Luis; ADONIS Martha. Contaminación del aire en espacios exteriores e interiores en la ciudad de Temuco. Marzo 1997

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. DAMA Subdirección Ambiental Sectorial Documento de soporte a las medidas planteadas por el DAMA para mejorar la calidad del aire en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón. 2006

DENNIS, Richard. Handbook on aerosols. Ed. Technical information center. Energy Research Development Administration. Tennessee. 142 págs.

ELMER w. Koneman M.D Diagnostico microbiológico texto y atlas color 3ra edición. Editorial Médica panamericana. 1998

Estudio de la Calidad del Aire en Boyle Heights Condado de Los Ángeles del Programa Ambiental de La Salud Infantil. 2003

FULA Milena; Rey Ivone. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda en Bogotá D.C. Universidad De La Salle, 2005.

HERNÁNDEZ, Elizabeth. Enfermedades Respiratorias Pediátricas. Ed. El manual moderno. 2002.

HERNÁNDEZ Luis Jorge. La contaminación del aire y la salud: hacia un sistema de vigilancia epidemiológica de la calidad del aire. Secretaria de Salud - Alcaldía Mayor de Bogotá.

HOSPITAL del sur. Empresa social del Estado. Diseño y funcionamiento de un sistema de vigilancia epidemiológica de la relación entre contaminación de aire y salud en las localidades de Puente Aranda y Kennedy. 2007

JAWETZ Ernest; MELNICK Joseph. Manual de Microbiología Médica. Manual moderno s.a. 1973. P. 105

KUMAR, Raj; NAGAR, Jitendra; KUMAR, Harsh; KUSHWAH, Alka; MEENA, Mahesh; Association of Indoor and Outdoor Air Pollutant Level With Respiratory Problems Among Children in an Industrial Area of Delhi, India. Archives of Environmental & Occupational Health. Washington: Summer 2007. Vol. 62, Iss. 2, p. 75-80 (6 pp.)

Lineamientos técnicos y administrativos para la prevención y atención de la enfermedad respiratoria aguda. Alcaldía Mayor de Bogotá. 2004. 59 Págs.

LOPEZ, Sergio. ROMIEU, Isabelle. Contaminación ambiental y salud de los niños en América Latina y el Caribe. Primera edición, 2002. Instituto nacional de salud publica. México. 166 Págs.

Manual de contaminación ambiental. Fundación Mafre. 1994. P.172

MARTINEZ, María Mercedes; MARTINEZ Patricia. Manual de laboratorio microbiológico ambiental. Facultad de ciencias. Departamento de microbiología. Pontificia Universidad Javeriana. 1999. Pág. (10-11)

MONCAYO, Edgar. PERFIL AMBIENTAL DE SANTA FE DE BOGOTA. Director de la corporación misión siglo XXI. año 1996. PágS. (29-30-218-219)

MORENO Gabriela. Contaminación del aire en espacios interiores. Santiago de Chile. Ambiente y Desarrollo 1995.

MUÑOZ, Ana María; QUIROZ, Carlos; Paz, John Jairo. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición. Air pollution and health effects in adults who work at different levels of exposure. Universidad de Antioquia, Medellin 2006.

NTP 288. Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel del los bioaerosoles. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España.

OLAYA, David; PEREZ, Fabio Andrés. Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda Bogotá D.C. Universidad De La Salle, 2006.

PILLAI, Suresh. Bioaerosols from Land-Applied Biosolids: Issues and Needs. Water Environment Research. Alexandria:Mar 2007. Vol. 79, Iss. 3, p. 270-278 (9 pp.)

PEPPER, Ian; GERBA, Charles. Environmental microbiology. Segunda edición. Elsevier Academic Press.2004. Burlington USA. 209 pags. Pag 169,170.

GRANADOS, Raquel; VILLAYERDE, María Carmen Villaverde. Microbiología tomo I bacteriología, características y clasificación bacteriana, virología, características y técnicas bioquímicas. Editorial Thomson paraninfo. 1997

ROMIEU, Isabelle, COREY, Germán. Contaminación del aire, riesgos para la salud. Editorial manual moderno, S.A.1997.

Ruzer, Lev. Aerosols Handbook Measurement, Dosimetry and Health effects. Ed. CRC Press 2005. Florida. 709 págs.

TINTINALLI Judith. Medicina de urgencias. España vol II: MacGraw Hill

USCÁTEGUI Natalia, BEHRENTZ, Eduardo. Concentraciones de Material Particulado Respirable Suspendido en el Aire en Inmediaciones de Una Vía de Transporte Público Colectivo. Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA) Universidad de los Andes. Octubre 2006.

WAK Warner. Contaminación del aire origen y control. Limusa 1954 P. 100

YANG, Raymond. Toxicology of Chemical Mixtures. Case Studies, Mechanisms, and Novel Approaches. 1994. Ed. Academic Press. San Diego, California. 720 págs.

ZAPATER, Ricardo. Micología medica. Editorial El ateneo. 1981. Buenos Aires. 260 pags.
1, 2, 34, 35, 36, 37.