

**PRINCIPALES ENFERMEDADES RESPIRATORIAS QUE PRESENTAN LOS NIÑOS
MENORES DE CINCO AÑOS DEBIDO A CONCENTRACIONES DE PM10 RELACIONADO
ESPACIO TEMPORALMENTE EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA**

KATERINE LIZETH RESTREPO GUTIÉRREZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE (ECAPMA)
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ D. C., COLOMBIA**

2017

Dedicatoria

Le dedico esta tesis a mi madre Luz Marina y a mi padre Mauricio, porque desde pequeña me enseñaron los valores y me formaron para ser una mejor persona.

A mi abuela María Lilia por ser como otra madre para mí y ayudarme cuando lo necesité.

A mi Hermano Lawrence por ser un ejemplo para mi vida y por compartir muchos años de mi vida junto a él.

A mi esposo Jhony, a quién le debo gran parte de este gran triunfo, realmente me quedo sin palabras de agradecimiento por todas las cosas que hizo para ayudarme a continuar con mis estudios, por trasnochar conmigo y nunca negarme su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por las hermosas cosas que me ha brindado. Él es el pilar de mi vida y sin su ayuda no hubiera podido llegar hasta este punto. Él es quien me ha dado toda la fortaleza, las capacidades, la motivación y las oportunidades para seguir adelante no sólo con mi proceso formativo, si no con mi vida en general.

Agradezco a todos y cada uno de mis familiares que de una u otra manera han aportado un granito de arena, para la consecución de este logro.

A la asesora Luisa Uribe, que con sus conocimientos orientó este trabajo, dedicó su tiempo y aportó sus ideas para concluir esta monografía.

Resumen

La presente monografía se basó en la revisión bibliográfica de cuarenta y seis (46) documentos de repositorios universitarios, bases de datos, trabajos de grado y documentos de entidades del gobierno colombiano, que contienen información de las enfermedades respiratorias que presentan los niños menores de cinco años a causa de las concentraciones de PM_{10} que se presentan en la ciudad de Bogotá D.C., con una relación espacio temporal, es decir, la determinación de las zonas de la ciudad donde se presentan las mayores concentraciones del contaminante, en qué época del año y las fuentes generadoras. Se realizó una recolección de información documental concerniente al PM_{10} y su relación con las siguientes variables: la incidencia sobre la salud respiratoria de niños de 0 a 5 años, identificando las tres (3) enfermedades principales que adquieren los niños, las principales fuentes de generación, móviles o fijas, las localidades que presentan mayores concentraciones y las variables meteorológicas que influyen en su comportamiento en la ciudad de Bogotá D.C.

Se encontró que las localidades con mayores concentraciones de PM_{10} están al occidente de la ciudad como lo son Kennedy, Puente Aranda y Suba; y de acuerdo con la información encontrada las fuentes que más aportan PM_{10} , son las fuentes móviles. Además, se pudo inferir que los factores meteorológicos que disminuyen las concentraciones de PM_{10} son la velocidad del viento y la precipitación, y las épocas en que las concentraciones de PM_{10} aumentan son en temporadas secas como lo son los meses de noviembre y diciembre.

Teniendo en cuenta los estudios encontrados las principales enfermedades que presentan los niños de 0 a 5 años, son asma con el 44.4 % de las investigaciones encontradas, el 22.2 % rinitis y 22.2% neumonía.

Palabras clave: Concentración, Contaminación atmosférica, Contaminante criterio, Fuente de emisión, Localidad, Material Particulado, Morbilidad, Precipitación, PM_{10} , Promedio diario,

Promedio anual, Radiación Solar, Revisión Sistemática, Salud Respiratoria, Sequía, Variables meteorológicas.

Abstract

The present monograph was based on a bibliographic review of forty-six (46) university repositories documents, databases, thesis and documents of Colombian government entities, with information of respiratory diseases presented by children under five Years old owing to concentrations of PM_{10} such that sudden in the city of Bogotá D.C., with a temporal space relation, that is, the determination of the areas of the city present the highest concentrations of the pollutant, at which period of the year and the generating sources. A collection of documentary information concerning the PM_{10} and its relation with the following variables: the incidence on the respiratory health of children from 0 to 5 years old, identifying the three (3) major diseases that children acquire, the main sources of generation, mobile or stationary, localities with higher concentrations and meteorological variables that influence their behavior in the city of Bogotá D.C.

It was found that the localities with the highest concentrations of PM_{10} are to the west of the city such as Kennedy, Puente Aranda and Suba; and according to the information found the sources that most contribute PM_{10} , are the mobile sources. In addition, it was possible to infer that the meteorological factors that decrease the concentrations of PM_{10} are wind speed and precipitation, and the periods in which the concentrations of PM_{10} increase are in dry seasons like the months of November and December.

Considering the studies found the main diseases that present children from 0 to 5 years, are asthma with 44.4% of the investigations found, 22.2% rhinitis and 22.2% pneumonia.

Key words: Concentration, Atmospheric pollution, Pollutant criterion, Source of emission, Locality, Particulate matter, Morbidity, Precipitation, PM_{10} , Daily average, Annual average, Solar radiation, Systematic review, Respiratory health, Drought, Meteorological variables.

Contenido

Introducción	15
Justificación	16
Objetivos.....	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Marco Teórico.....	20
Descripción de características del lugar a estudiar	20
Contaminación del Aire por PM ₁₀	22
Marco Legal	32
Marco legal colombiano.....	32
Marco legal Internacional.....	33
Metodología	35
Artículos seleccionados	37
Resultados y Análisis de Resultados	39
Conclusiones	77
REFERENCIAS	79
APÉNDICES	91
APÉNDICE A. Enfermedades respiratorias por efectos de concentración de PM ₁₀ en niños menores de 5 años.....	91
APÉNDICE B. Localidades con mayores concentraciones de PM ₁₀ en Bogotá.	95
APÉNDICE C. Principales fuentes generadoras de PM ₁₀ en la ciudad de Bogotá.	99
APÉNDICE D. Fenómenos meteorológicos que interfieren en concentraciones de PM ₁₀	103

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Localidades de Bogotá D.C.</i>	22
Tabla 2 <i>Comparación de Marco legal internacional y Marco legal colombiano</i>	34
Tabla 3 <i>Casos de mortalidad por neumonía e IRA</i>	40
Tabla 4 <i>Muertes por Temperatura y PM10 en tres ciudades latinoamericanas</i>	43
Tabla 5 <i>Prevalencia de síntomas respiratorios en niños de 5-14 en Bosa, años 2012-2013</i> ...	45
Tabla 6 <i>Concentraciones de PM10 en Jardines infantiles en el 2007</i>	47
Tabla 7 <i>Casos de muerte relacionados a contaminación atmosférica en Bogotá D.C.</i>	48
Tabla 8 <i>Resultados de máximas concentraciones diarias de PM10 obtenidos con laboratorio Móvil en Puente Aranda 2009.</i>	50
Tabla 9 <i>Concentración promedio diario de PM10 en dos laboratorios móviles</i>	51
Tabla 10 <i>Promedio y máximo 24 horas de PM10 en Kennedy y Suba</i>	52
Tabla 11 <i>Excedencia medición 24 horas de PM10 en 2013 en Bogotá D.C.</i>	59
Tabla 12 <i>Valores de PM10 del 2007 al 2013 en Bogotá D.C. en 13 puntos de la ciudad.</i>	59
Tabla 13 <i>Porcentaje de industrias y consumo de combustibles en Puente Aranda</i>	67
Tabla 14 <i>Distribución porcentual de vehículos en sitios de aforo de la localidad de Puente Aranda</i>	68
Tabla 15 <i>Comparación de los resultados de fuentes móviles hallados por Peñaloza, (2010) con estudios previos</i>	69
Tabla 16 <i>Inventario de emisiones 2014 por fuentes de combustión y de área en Bogotá</i>	70
Tabla 17 <i>Porcentaje de PM10 por fuente de emisión</i>	70
Tabla 18 <i>Correlaciones con Material Particulado en Fontibón</i>	72
Tabla 19 <i>Correlaciones con Material Particulado en Puente Aranda</i>	73

Lista de Figuras

Figura 1. Localidades de Bogotá D.C.	21
Figura 2 Estaciones de Monitoreo de la SDA	31
Figura 3. Metodología del trabajo.	37
Figura 4. Mortalidad por IRA menores de 5 años.	40
Figura 5. Niveles anuales de contaminantes en las tres ciudades de estudio.....	43
Figura 6. Estudios que afirman riesgo de morbilidad y mortalidad por ERA.	48
Figura 7. Porcentaje de estudios y enfermedades en niños menores de 5 años.	49
Figura 8. Material particulado PM ₁₀ en Bogotá D.C. 2009.	53
Figura 9. Concentración por tamaño de partícula en City Tv.	54
Figura 10. Concentración por tamaño de partícula en Julio Florez.	55
Figura 11. Iso-concentraciones en Bogotá D.C. para el 2006.....	57
Figura 12. Concentraciones en el año 2013.	58
Figura 13 Cumplimiento del valor diario y anual de la norma colombiana en Puente Aranda. .60	
Figura 14. Cumplimiento del valor diario y anual establecido en la norma colombiana en Kennedy.....	61
Figura 15. Cumplimiento del valor diario y anual establecido en la norma colombiana en Suba.	62
Figura 16. Cumplimiento del valor diario establecido en la norma colombiana en Santa Fe....	62
Figura 17. Cumplimiento del valor diario establecido en la norma colombiana en Bosa.	63
Figura 18. Cumplimiento del valor diario establecido en la norma colombiana en Usaquén. ...	63
Figura 19. Cumplimiento de Localidades y sus estudios.	64
Figura 20. Concentraciones diarias de PM ₁₀ en las cuatro instituciones estudiadas.....	66
Figura 21. Número de estudios y fuentes de PM ₁₀	71
Figura 22. Porcentaje de fuentes generadoras de PM ₁₀	72
Figura 23. PM ₁₀ vs Viento.....	74
Figura 24. Porcentaje de estudios y variables que reducen el PM ₁₀	75
Figura 25. Estudios que afirman mayor nivel de PM ₁₀ en tiempo seco.	76

Lista de Abreviaturas y Símbolos

Abreviaturas y Símbolos	Significado
°C	Grados centígrados
µg	Microgramo
ACPM	Aceite combustible para motores
AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
ARI	<i>Acute Respiratory Infection</i>
CCB	Cámara de Comercio de Bogotá
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COV's	Compuestos Orgánicos Volátiles
CRA	Corporación Autónoma Regional del Atlántico
CRQ	Corporación Autónoma Regional del Quindío
D.C.	Distrito Capital
DAMA	Departamento de Medio Ambiente
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
ERA	Enfermedad Respiratoria Aguda
H ₂ O	Agua
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IDRD	Instituto Distrital de Recreación y Deporte
IRA	Infección Respiratoria Aguda
JAL	Junta Administradora Local
kg	Kilogramo
m ³	metro cúbico
mg	Miligramo
MINAMBIENTE	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
mm	Milímetros
NO	Óxido de Nitrógeno
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
O ₃	Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PM	Material particulado

PM _{2,5}	Material particulado menor a 2,5 micrómetros
PM ₁₀	Material Particulado menor a 10 micrómetros
PM _x	Material particulado
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá
SDP	Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá
SDS	Secretaría Distrital de Salud de Bogotá
SO _x	Óxidos de Azufre
TB	Tuberculosis
t	Tonelada
UE	Unión Europea
UNAD	Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Introducción

La contaminación del aire ha venido tomando una relevancia cada vez más grande, porque es la causante de problemas de salud pública en todo el mundo. Las diferentes actividades realizadas por el ser humano conllevan a la generación de diversos contaminantes como NO_x, SO_x, CO, CO₂, CH₄, PM₁₀, entre otros que perjudican la calidad de vida de las personas, así como generan impactos negativos al ambiente (Chamarravi Guerra & Saavedra Calixto, 2013).

La presente monografía compara los diferentes estudios realizados en la ciudad de Bogotá D.C. con respecto al tema de contaminación del aire por partículas como cenizas, polen, cemento y hollín, denominadas PM₁₀, que generan enfermedades respiratorias en niños menores de cinco años.

El contaminante estudio: PM₁₀, es caracterizado por tener una composición diversa incluso de metales pesados y tiene la capacidad de alojarse en el sistema respiratorio del ser humano, haciendo que sus efectos lleguen a ser mortales (Montoya, Zapata, & Correa, 2012).

Las dos causas más importantes en la generación de este contaminante son la contaminación por combustión incompleta de hidrocarburos y el aporte de la naturaleza. La combustión incompleta de combustibles fósiles se da cuando no hay suficiente oxígeno y se genera CO, CO₂, H₂O y también partículas PM₁₀ (Piergallini, 2008). Entre las fuentes más importantes de PM₁₀ se involucran procesos mecánicos como el desgaste del asfalto y de los neumáticos y frenos de los carros, los fenómenos de resuspensión, actividades de construcción, incendios forestales y las actividades industriales (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2016).

Justificación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que las enfermedades respiratorias son unas de las causas principales de mortalidad mundial, siendo las más importantes las infecciones en vías aéreas inferiores, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), tuberculosis (TB) y cáncer pulmonar (Vásquez, Salas, Pérez, & Montes, 2014). El consumo de tabaco y los contaminantes a los que se exponen las personas en el trabajo, domicilio y ambiente son factores que inciden en las enfermedades respiratorias (Vásquez et al., 2014).

Según un comunicado de prensa de la OMS, en el 2012, 12.6 millones de personas murieron por vivir o trabajar en ambientes contaminados (...), y por infecciones respiratorias mueren 567.000 personas anualmente (OMS, 2016).

Bogotá D.C., ha sido catalogada por la OMS como una de las ciudades latinoamericanas que exceden los límites de material particulado recomendados (Torres, 2016). Según un informe del 2015 de la OMS, (...), en el décimo puesto de la lista está Bogotá D.C., con unos pocos puntos de diferencia frente a Medellín (Morales, 2016). Además, hace parte de las ciudades más pobladas en América Latina, Bogotá D.C. Entre los años 2013 y 2014, la OMS reportó un valor de 52 μm de PM_{10} en Bogotá D.C. (Torres, 2016).

La contaminación del aire urbano aportó el 75 %, con \$15,4 billones de pesos (1.93 % del PIB de 2015) asociados a 10.527 muertes y 67.8 millones de síntomas y enfermedades (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2017).

Según el CONPES 3344, el 41 % del total de las emisiones se generan en Bogotá D.C., Medellín, Cali, Barranquilla, el valle de Sogamoso, Bucaramanga, Cartagena y Pereira (IDEAM, 2012).

Bogotá, tuvo una población estimada en 2011 de 7.451.231 (Secretaría Distrital de Planeación [SDP], 2015), por lo que es una gran metrópoli que cuenta con varias zonas y parques industriales. Por nombrar algunas de ellas, Puente Aranda es la localidad número 16 de Bogotá D.C., (...) La población de esta localidad es de 288.890 habitantes. Se caracteriza por su actividad industrial y por sus amplias zonas residenciales (SDP, 2009).

Otra de las localidades de la ciudad capital es Fontibón, la número 9 de la ciudad, (...) es el principal eje articulador del desarrollo industrial dada la presencia de una importante zona industrial, la zona franca y su ubicación estratégica regional al ser la conexión del distrito con los municipios de Mosquera, Funza, Madrid y Facatativá (SDP, 2011)

En lo relacionado con el clima, la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá (SDS) advirtió que, por el aumento de las lluvias, que se asocia a una mayor humedad y por ende a un aumento en la circulación de virus respiratorios, en abril se presenta un comportamiento atípico de las condiciones meteorológicas, por lo que la incubación y propagación de virus respiratorios se incrementan durante todo el primer semestre del año (Alarma en Bogotá por aumento de casos de enfermedades respiratorias en niños, 2016).

En Bogotá, los casos de ERA (Enfermedad Respiratoria Aguda) se incrementan en las primeras 20 semanas epidemiológicas, es decir que se presentan desde el primero (1) de enero hasta el veinte de mayo (20) asociado a la variabilidad climática, el aumento de la circulación viral y la contaminación; históricamente se observa que el pico respiratorio inicia a partir de la semana epidemiológica 6 (segunda semana del mes de febrero) (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016).

Por tanto, la contaminación atmosférica por PM_{10} en Bogotá D.C., ha sido tema de estudio de varias investigaciones, sin embargo las mismas se han realizado de manera segregada, algunos relacionan los efectos a la salud con altas concentraciones de PM_{10} , de otro lado hay inventarios de fuentes generadoras de material particulado, también existe un reporte de las localidades que presentan mayores concentraciones de PM_{10} y además el análisis de los

fenómenos meteorológicos que influyen en altas concentraciones de PM_{10} , sin embargo esta información no se ha analizado de manera conjunta, por lo tanto el objetivo de esta monografía, es determinar las principales enfermedades en niños menores de 5 años por concentraciones de PM_{10} haciendo una relación espacio temporal para la capital y que los investigadores, el sector público y privado y la comunidad en general, puedan encontrar esta información de manera concisa.

Objetivos

Objetivo General

Establecer las 3 (tres) principales enfermedades respiratorias que presentan los niños menores de 5 años a causa de concentraciones de PM_{10} , relacionándolas espacio temporalmente en la ciudad de Bogotá D.C.

Objetivos Específicos

- Determinar las localidades más afectadas por concentraciones de PM_{10} en Bogotá D.C.
- Diagnosticar las principales fuentes generadoras que aportan a la concentración de PM_{10} en Bogotá D.C.
- Describir las épocas del año en las que se incrementan las concentraciones de PM_{10} por efectos meteorológicos en la ciudad de Bogotá D.C.
- Establecer las principales enfermedades que presentan los niños menores de 5 años a causa de concentraciones de PM_{10}

Marco Teórico

Descripción de características del lugar a estudiar

Colombia está situada en la esquina noroeste de América del sur, la capital de la República de Colombia es Bogotá D.C. Colombia limita al sur con Ecuador y Perú, al este con Brasil y Venezuela y al noroeste con Panamá (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación, 2017).

Al oeste es bañado por las aguas del océano pacífico y al norte por el océano atlántico. Está conformada por cinco regiones, dentro de las que se encuentra la región Andina, donde se está ubicada Bogotá D.C. (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación, 2017).

Bogotá D.C. fue fundada el 06 de agosto de 1538, está ubicada en la cordillera oriental en el centro del país, su extensión es de 15 kilómetros de oriente a occidente y 33 kilómetros de sur a norte. Su posición geográfica es la siguiente: coordenadas geográficas: latitud norte 4°35'56"57 longitud oeste de Greenwich 74°04'51"30 (SDP, 2009).

La ciudad capital se encuentra situada en la Sabana, enmarcada por los cerros Monserrate y Guadalupe y por el río Bogotá D.C. al occidente. El distrito capital cubre un área de 1.587 kms² y el departamento al cual pertenece: Cundinamarca, cubre 22.246 kms²; además, Bogotá D.C. se halla ubicada a una altura sobre el nivel del mar de 2.630 metros, mientras que el cerro de Monserrate está a 3.190 metros y el de Guadalupe a 3.316 metros (SDP, 2009).

Bogotá D.C. cuenta con una temperatura media anual de 14 °C, una temperatura máxima media anual de aproximadamente 20 °C, temperatura mínima media anual de 8.2 °C y mínima

absoluta de 5.2 °C. La precipitación media anual es de 1.013 mm, presenta una presión atmosférica de 752 milibares y una humedad relativa media anual de 72 % (SDP, 2009).

Relacionado con la precipitación, en los meses de marzo, abril y mayo hay una mayor época de lluvia al igual que en septiembre, octubre y noviembre. Bogotá D.C., tiene gran presencia de vientos y también de lluvias fuertes (SDP, 2009).

El mapa de Bogotá D.C. con las localidades se puede observar en la **Figura 1**.

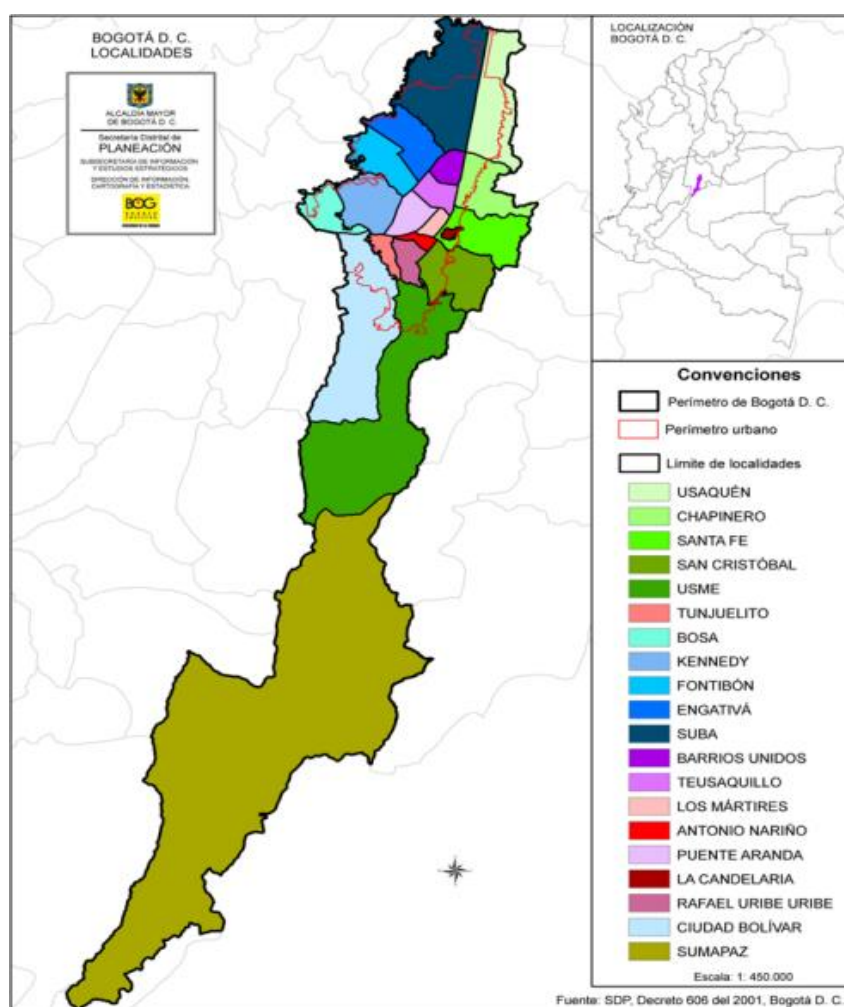


Figura 1. Localidades de Bogotá D.C.

Fuente: (SDP, 2009).

La ciudad capital está dividida en varias zonas denominadas localidades, cuenta con una división administrativa de 20 localidades o distritos para ofrecer a los ciudadanos redes de servicios públicos como infraestructura vial, entretenimiento y abastecimiento de productos. Cada una tiene alcalde propio, llamado Alcalde Menor, y una Junta Administradora Local (JAL) (SDP, 2009). Las localidades Bogotanas son las siguientes **Tabla 1**:

Tabla 1
Localidades de Bogotá D.C.

Localidades de Bogotá D.C.		
1. Usaquén	2. Chapinero	3. Santa fé
4. San Cristóbal	5. Usme	6. Tunjuelito
7. Bosa	8. Kennedy	9. Fontibón
10. Engativá	11. Suba	12. Barrios Unidos
13. Teusaquillo	14. Los Mártires	15. Antonio Nariño
16. Puente Aranda	17. La Candelaria	18. Rafael Uribe Uribe
19. Ciudad Bolívar	20. Sumapaz	

Fuente: Adaptado de (SDP, 2009)

Contaminación del Aire por PM₁₀

La contaminación atmosférica es un fenómeno que afecta negativamente la salud y el bienestar humano, especialmente en los grandes centros urbanos, y genera efectos adversos en el medio ambiente. Aunque la degradación de la calidad del aire puede estar relacionada con fuentes de origen natural, la actividad antropogénica representa una contribución significativa a esta problemática ya que es responsable de la emisión de contaminantes por actividades

relacionadas con el transporte, la industria, el desarrollo de la infraestructura, entre otras (IDEAM, 2016).

El factor que genera enfermedades respiratorias en los niños es la concentración de PM_{10} , el cual tiene diferentes definiciones, aunque todas muy concordantes, según el IDEAM el material particulado son partículas de diámetro menor o igual a 10 micrómetros y la importancia de su monitoreo es porque tiene el potencial de afectar negativamente la salud de la población pudiendo penetrar por las vías respiratorias (IDEAM, 2016). En la normativa de calidad de aire es definido como “material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales” (Resolución N° 610, 2010).

El PM_{10} , está compuesto en un 51 % por fracción carbonosa, un 23 % de polvo mineral, 15% otros compuestos, 11 % Compuestos Inorgánicos Secundarios (SIC) y sal marina 0.4% (Ramírez, Sánchez de la Campa, Almato, Catacolí, Rojas, De la Rosa, 2017).

Otros autores como Pachón y Sarmiento establecen que el material particulado tiene una composición compleja y variable, aproximadamente un 75 a 90 % de la composición del PM_{10} , es de metales como el Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Zinc (Zinc), Plomo (Pb) y Níquel (Ni) (2008, p.122).

Granum, Gaarder y Lovik aseguran que el PM_x tiene una composición heterogénea y dicha composición varía de acuerdo con la fuente que lo genera. Este contiene carbono elemental por la combustión incompleta de madera, biomasa y combustibles fósiles. Al carbono se adhieren COV's (Compuestos Orgánicos Volátiles), alérgenos y otras moléculas (citado en Sánchez Caraballo, 2012).

Como ya se conoce, el PM_{10} por ser un contaminante del aire es causante de enfermedades y del deterioro de la salud de las personas. Algunos investigadores han descrito los efectos que este contaminante genera en los humanos.

Nasralla et al. (1985) dicen que la exposición del ser humano a la contaminación del aire genera efectos adversos sobre la salud que resultan por inhalación de material particulado, el

cual contiene elementos altamente tóxicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los metales pesados (citado en Pérez y Hernández, 2006). Los efectos de las partículas cuando pasan a través del tracto respiratorio pueden ser: (citado en Perez y Hernández, 2006)

- Cambios en la función pulmonar.
- Cambios en la capacidad de inmunidad o resistencia del pulmón.
- Ocurrencia de trastornos respiratorios.
- Agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes.
- Mayor susceptibilidad a infecciones respiratorias.
- Cambios morfológicos del tracto respiratorio.
- Cáncer
- Muerte

Aldunate, Paz y Halvorsen (2006), aseguran:

Los efectos sobre la salud tanto a corto como a largo plazo se extienden por diferentes afecciones ocasionando desde irritación de ojos y vías respiratorias, infecciones, congestión nasal, sinusitis, alergias, resfrío, tos, ronquera, faringitis, amigdalitis, laringitis, bronquitis, neumonía, asma, bronquiectasias, silicosis, asbestosis y hasta cáncer pulmonar, dolencias cardiovasculares y muertes prematuras entre otras. (p.425)

Por otro lado, Ballester et al. (2005) dicen que la exposición a material particulado puede producir efectos a corto y largo plazo. Se entiende por efectos a corto plazo aquellos eventos de morbilidad o mortalidad que pueden ocurrir en un periodo menor a una semana después de la exposición (citado en Hernández, Aristizábal, Quiroz, Medina, Rodríguez, Sarmiento, & Osorio García, 2013). Esto implica mediciones de exposición con intervalo inferior a una semana, es decir promedios diarios. Los efectos a largo plazo implican mediciones de exposición como las medias anuales (Hernández et al. 2013).

Moreno (2003) dice que la absorción del material particulado ingresa al sistema respiratorio de acuerdo con el tamaño de la partícula y si la misma tiene componentes solubles que logren causar efectos nocivos en el sistema respiratorio (citado en Ruiz, 2006). Además, la morfología del sistema respiratorio permite que las partículas se adhieran a las paredes de las vías respiratorias (Ruiz, 2006).

A nivel mundial el PM_{10} representa un problema importante de salud pública, es por ello es monitoreado y regulado por los gobiernos y organizaciones como la OMS, la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), entre otros, los cuales han establecido niveles máximos de emisión de PM_{10} , con el fin de reducir la mortalidad y morbilidad de las personas.

La Agencia Europea de Medio Ambiente [AEMA], reporta que en Europa se han conseguido logros importantes en cuanto a las emisiones de PM. Entre 2001 y 2010, las emisiones directas de PM_{10} y $PM_{2,5}$ disminuyeron un 14 % en la Unión Europea, y un 15 % en los treinta y dos países miembros de la AEMA (AEMA, 2013). Si se tienen en cuenta las directrices más estrictas de la OMS, más del 80 % de la población urbana de la UE está expuesta a concentraciones excesivas de PM_{10} (AEMA, 2013).

La ciudad más grande del mundo se ubica en Japón (Tokio) con una concentración anual de PM_{10} de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En Asia ciudades como Lahore, Karachi y Delhi presentan valores alrededor de los $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], 2012).

En cuanto a la calidad del aire en interiores, si bien no es objeto directo de este trabajo, afecta de manera relevante la salud respiratoria de los infantes, en Colombia según información de la OMS, un 20 % de hogares unifamiliares presenta contaminación del aire intramural (MINAMBIENTE, 2012). El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2011) de acuerdo con la encuesta nacional de calidad de vida realizada en 2011, 23 % de la población encuestada usa leña para cocinar, 41 % usa gas propano, 31 % gas natural, 4 %

electricidad y 1 % carbón mineral. Lo cual genera la exposición de la población a diversa composición de PM₁₀ y otros contaminantes (MINAMBIENTE, 2012). En la encuesta nacional de calidad de vida realizada en el 2016, el 92.8% de hogares usa gas natural, el 7.2% restante usan otro tipo de combustible (DANE, 2016).

Larsen señaló que la problemática de la contaminación atmosférica en el país es la que genera los mayores sobre costos sociales y ambientales después de los generados por la contaminación del agua y los desastres naturales (IDEAM, 2012, p.66).

La OPS concluye, que la tercera ciudad con mayores niveles de contaminación del aire en Latinoamérica es Bogotá D.C. (citado en García, García y Vaca, 2013).

Así mismo, el Banco Mundial, (2007) indica en algunos de sus estudios que la contaminación del aire en Bogotá D.C., tiene un costo de miles de millones de dólares al año (Franco, 2012).

Por lo anterior la contaminación atmosférica por PM₁₀ en la capital colombiana es un problema ambiental que se presenta de manera más fuerte en algunas zonas que en otras. En el caso de Bogotá D.C. y sus localidades ha habido diversos estudios y análisis para observar el comportamiento del PM₁₀ y al que se debe prestar especial atención, puesto que este repercute en la salud de las personas y en su calidad de vida en general, ya que el PM₁₀ tiene una fuerte relación con las enfermedades presentadas por las personas y las consultas médicas que realizan.

Bogotá D.C. no ha sido ajena a casos de morbilidad y mortalidad en la población causados por PM₁₀. Uribe (2005) afirma que antes de 2005 no se tenían en cuenta los posibles efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud; fue a partir de ese año que se determina, que para la ciudad de Bogotá D.C. los aumentos en las concentraciones de material particulado en el aire y dióxido de nitrógeno (NO₂) están relacionados positivamente con el número de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias agudas (ERA) (citado en Rodríguez Acosta y García Torres, 2015).

Mosquera & García (2007), señalan:

De la misma forma en la ciudad de Bogotá D.C. se han demostrado la relación existente entre el material particulado y enfermedades respiratorias teniendo en cuenta días de rezago, como lo observado en el estudio de Solarte y Arciniegas (1999), donde un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} , produjo un aumento de por lo menos 8 % del número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años y un aumento de 4 % en las consultas por Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA), (para un periodo de latencia de 6 días) en niños menores de cinco (5) años, respectivamente. (p. 90)

Pachón, Behrentz y Rojas, reiteran que la concentración de PM_{10} y su aumento se relacionan también con un 4% de ingresos a Hospitales por IRA (2007).

Solarte et al. (1999) dicen que el aumento en consultas por enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años tiene una relación con la concentración de PM_{10} . Dichos datos fueron tomados de los hospitales de Venecia, Bosa y Galán. Además, aseguran que la reducción de PM_{10} en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se vería reflejado en la disminución de un 17 % en las consultas por enfermedad respiratoria (Rojas, 2004).

Los problemas cardiacos y de salud respiratoria en la capital colombiana han generado una gran preocupación en las autoridades de ambiente y salud. Las autoridades han implementado diferentes estrategias para mejorar el aire de la ciudad, pero el problema es cada vez más grande. Bogotá D.C. es una urbe que viene teniendo un crecimiento económico y poblacional, lo que requiere un mayor consumo de energía y combustibles fósiles (Gaitán, Cancino y Behrentz, 2007).

Gauderman (2006) señala que existe evidencia de que la contaminación del aire por material particulado (PM) está asociada con enfermedad respiratoria especialmente en niños menores de 5 años (Hernández Flórez et al. 2013).

Lo anterior es confirmado por Hernández et al. (2010) y la (Secretaría Distrital de Ambiente [SDA], 2010) cuando afirman: en Bogotá D.C., la enfermedad respiratoria es la principal causa

de mortalidad infantil en la ciudad; al año se producen cerca de 600 mil atenciones en salud por ERA en niños menores de cinco años (citado en García & Rojas, 2016 p. 3)

Kim (2004) concuerda al nombrar en su estudio *Ambient air pollution: health hazards to children*, que acuden más al médico por síntomas respiratorios y asma los niños que viven en zonas con altos niveles de contaminación (Hernández Flórez et al. 2013).

Koehoorn et al. (2008), aseguran que los niños más susceptibles a enfermedades respiratorias son los niños menores de cinco (5) años (Citado en Rodríguez et al., 2012). Por su parte, Castillo (2010) dice que estimaciones de beneficios para Bogotá D.C. concluyen que al llevar la concentración promedio de Bogotá D.C. para PM_{10} al cumplimiento de la norma colombiana actual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual) entre 2010 y 2020, se podrían reducir más de 13000 casos de mortalidad, alrededor de 28000 hospitalizaciones por causas respiratorias en niños menores de 5 años y cerca de 5500 atenciones en unidades de cuidados intensivos, que en términos monetarios representaría beneficios de alrededor de 16 billones de pesos en dicho período (Citado en Ortiz & Rojas, 2013).

El PM_{10} ha sido motivo de análisis e investigaciones en las localidades de la ciudad. En 2006 las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Fontibón tuvieron elevados índices de PM_{10} , por lo cual se declaró estado de emergencia ambiental (Toca, 2011).

Vargas, Rojas, Pachón, & Russell (2012) hallaron que la concentración media anual de PM_{10} en las localidades de: Puente Aranda, Kennedy, Fontibón y Suba, que son estaciones ubicadas al occidente de Bogotá D.C. se encuentra en un rango de 60 a $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para las estaciones de la parte oriental y nororiental es de entre 30 y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, en Bogotá D.C. existen fuentes de emisiones de PM_{10} , como lo son las fuentes móviles y fijas. Estas están concentradas y ubicadas en algunas localidades más que en otras, debido a la definición del uso del suelo.

Una fuente fija es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa (Ministerio de Ambiente,

Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2008). La fuente móvil es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse (MINAMBIENTE, 2013).

En cuanto a fuentes fijas Cárdenas (2009) asegura que las industrias tienen chimeneas que emiten PM_{10} en diferente composición.

Slezakova et al. (2009) afirman, que el humo de tabaco representa también una fuente de PM_{10} y $PM_{2.5}$ (Citado en Garrido, & Camargo, 2012). Por su parte, el Ministerio de Transporte (2005) y Moreno (2011) reportan que la ciudad de Bogotá D.C. cuenta con una flota de vehículos ligeros de 1,5 millones de vehículos aproximadamente y tienen un promedio de uso de 15 años (citado en Rodríguez et al. 2016). En la ciudad de Bogotá D.C. hay un número considerable de vehículos automotores con modelos de fabricación anteriores al año 1990 (Soto Duque, & Sellamén Garzón, 2011). En 2015, 2.148.541 vehículos fueron el total del parque automotor, de lo que el 93.91% corresponden a vehículos particulares (Secretaría de Movilidad, 2015).

Cárdenas (2009) refiere que las fuentes móviles contaminan por la mala calidad del aceite combustible para motores (ACPM) usado por transporte público y de carga.

Giraldo, Ardila & Behrentz (2006) señalan que, en el caso de Bogotá D.C., las altas concentraciones de material particulado en inmediaciones de los corredores viales de la ciudad son debidas en un porcentaje importante a las emisiones causadas por el transporte público que opera con combustible diésel (citado en Franco et al. 2009).

Por otra parte, a las emisiones de los automóviles, buses, motos, camiones, vehículos de carga pesada entre otros, se suman las emisiones generadas por vías en mal estado. De acuerdo con esto Larson & Ericsson (2009) indican que el cincuenta por ciento de las vías de la ciudad están en regular estado (citado en Rodríguez et al., 2016).

Vargas & Rojas (2010) aseguran, el material particulado de Bogotá D.C. es diferente en cada sector, por lo que su composición es variable.

La concentración de PM_{10} en algunas zonas de la ciudad, dependen de las variables meteorológicas, porque en los meses de junio y julio las concentraciones disminuyen a comparación de noviembre y diciembre. Además, es importante la ubicación de las localidades donde se generan (Tyler, Ramírez, Acevedo, Bocarejo, Velásquez, Peroza y Galarza, 2013).

Las características meteorológicas y los contaminantes atmosféricos son medidos en catorce (14) estaciones de monitoreo que vigilan la calidad de aire de la ciudad. El PM_{10} ha sido monitoreado de manera continua en Bogotá D.C. desde el año 1997, con la instalación de la red de monitoreo del Departamento de Medio Ambiente (DAMA) (Rojas & Galvis, 2005). El PM_{10} fue monitoreado en trece (13) estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. en años anteriores a 2013 (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB] y Universidad de los Andes, 2014).

El IDEAM decidió instalar un laboratorio móvil de monitoreo en la localidad de Puente Aranda para efectuar una evaluación adicional de la calidad del aire durante el año 2009; es decir, para complementar la valoración realizada con las estaciones de monitoreo fija y móvil de la SDA (Palacio, Zafra & Rodríguez, 2014).

Por otro lado, Bukowiecki et al. (2002) indican que el laboratorio móvil permite tener mediciones en diferente tiempo y espacio, por lo cual se considera demasiado útil (como se cita en Palacio et al. 2014, p.155).

En la **Figura 2** se muestra la ubicación de las estaciones de la Red de Monitoreo de calidad de aire (RM CAB) de Bogotá D.C.

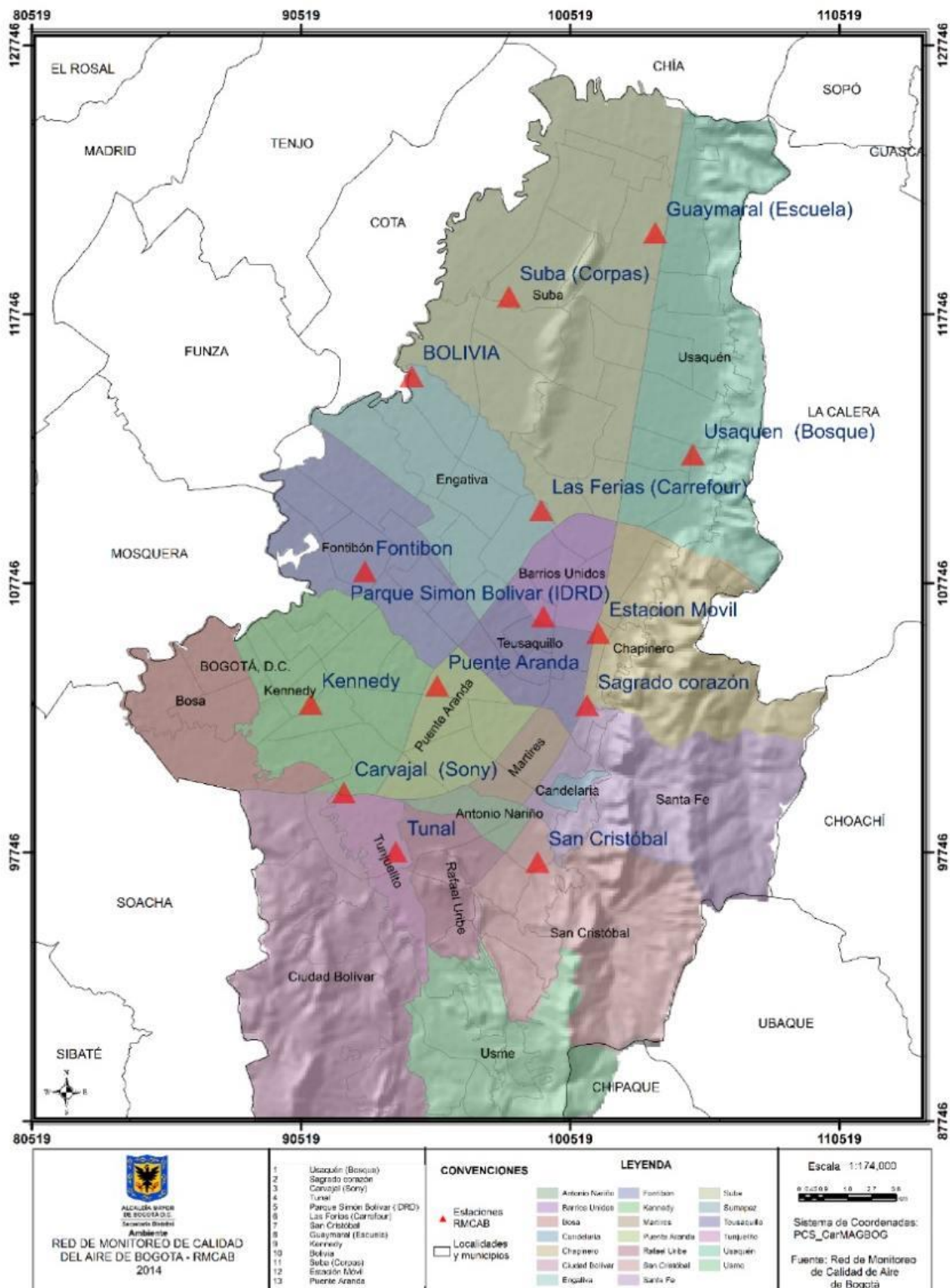


Figura 2 Estaciones de Monitoreo de la SDA

Fuente: (SDA, 2013)

Marco Legal

Marco legal colombiano

El tópico de la contaminación atmosférica contempla diferentes normas establecidas a nivel nacional y local como es el caso de Bogotá D.C. El control de la contaminación atmosférica inicia con la reglamentación del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, que establece normas de prevención para la protección de la calidad de aire (Decreto 2811, 1974).

Posterior a ello el Decreto 2 de 1982, normaliza el Título 1 de la Ley 09 de 1979, junto con el Decreto Ley 2811 de 1974, e incluye definiciones generales sobre calidad de aire y fuentes fijas (Decreto 2, 1982).

El anterior decreto es sustituido en su Título XVI, por el Decreto 2206 de 1983 que trata sobre control, vigilancia, sanciones, medidas y procedimientos con respecto a emisiones atmosféricas, conferido por el Ministerio de Salud (Decreto 2206, 1983).

En el año 1995 se crea el Reglamento de Protección y control de la calidad de aire con la entrada en vigencia del Decreto 948. En este se definen contaminantes de primer grado que son aquellos que afectan directamente la calidad de aire y tienen tal nivel de toxicidad que puede generar enfermedades agudas, cáncer, mutaciones genéticas (Decreto 948, 1995). En el mismo año se expide la resolución 898 en la que se establece criterios de calidad de combustibles usados en hornos y calderas (Resolución 898, 1995).

El 09 de enero de 1996, se expide la resolución 005 en donde se mencionan disposiciones de fuentes móviles terrestres a gasolina o diésel, niveles de emisión, procedimiento de evaluación de gases, condiciones técnicas de operación, control de fuentes móviles (Resolución 005, 1996).

Dentro de aquella normatividad se encuentra la resolución 909, que regula y define estándares de emisión de contaminantes para fuentes fijas puntuales, equipos de combustión externa, centrales térmicas, industrias de producción de cemento, concreto y convenios de tecnologías limpias (Resolución 909, 2008).

La Resolución 005 de 1996, es derogada por la Resolución 910 de 2008, en donde se reglamentan nuevamente los niveles de emisión de fuentes móviles (Resolución 910, 2008).

En el año 2006, se estableció la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión, para garantizar un ambiente sano, por medio del control de la concentración de contaminantes en el ambiente (Resolución 601, 2006).

La anterior resolución fue derogada y la norma que regula calidad de aire en el territorio nacional actualmente es la Resolución 610 de 2010 que establece niveles máximos permisibles y el tiempo de exposición, para sustancias carcinogénicas, generadoras de olores ofensivos, además determina cuando la concentración y exposición presentan niveles de prevención, alerta y emergencia (Resolución 610, 2010).

Marco legal Internacional

En las directrices de la OMS sobre la calidad del aire se estima que una reducción media anual de las concentraciones de partículas (PM_{10}) de 70 microgramos/ m^3 , común en muchas ciudades en desarrollo, a 20 microgramos/ m^3 , permitiría reducir el número de defunciones relacionadas con la contaminación en aproximadamente un 15 % (Calidad del aire ambiente exterior y salud, 2016).

La **Tabla 2**, contiene la normatividad nacional e internacional de calidad de aire, respecto al PM_{10} .

Tabla 2*Comparación de Marco legal internacional y Marco legal colombiano*

Niveles de PM₁₀		
Norma	Nivel Máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
Resolución 601 de 2006	70	Anual
	150	24 horas
Resolución 610 de 2010	50	Anual
	100	24 horas
OMS	20	Anual
	50	24 horas
Reino Unido	40	Anual
	50	24 horas

Fuente: Adaptado de (Resolución 601, 2006), (Resolución 610, 2010), (Calidad del aire ambiente exterior y salud, 2016) y (Tyler et al., 2013)

Metodología

La metodología usada para este trabajo es búsqueda sistemática de bibliografía, la cual se describe a continuación:

1. Identificación del campo de estudio y del período a analizar. Se identificó las principales enfermedades respiratorias que sufren los niños menores de 5 años en Bogotá D.C., haciendo una distinción territorial entre localidades, temporalidad en el año y las principales fuentes generadoras del PM_{10} . Estas informaciones se revisaron de los últimos 10 años.

2. Selección de las fuentes de información. Se seleccionaron los artículos que tenían relación con el objeto de esta monografía. Para ello se usaron las siguientes bases de datos: *Proquest, Scielo, Engineering Village, Science direct, Redalyc*, ofrecidas en el campus de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (UNAD, 2016). El motor de búsqueda *Jurn* fue un gran apoyo para esta investigación documental, ya que tiene acceso a diferentes informaciones alrededor del mundo. Los repositorios de universidades como los Andes, la Universidad de la Salle, Universidad Nacional de Colombia, los cuales contenían información valiosa para esta monografía. Por otra parte, las entidades gubernamentales como el IDEAM, la Alcaldía Mayor de Bogotá, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, entre otras, que han realizado estudios de la calidad de aire de la ciudad de Bogotá D.C. y la salud de sus habitantes.

3. Realización de la búsqueda (qué, dónde y cómo). Se realizó la búsqueda de manera manual en las fuentes nombradas anteriormente y las palabras de búsqueda primarias fueron: Enfermedades respiratorias por efectos de concentración de PM_{10} en niños menores de 5 años, localidades con mayores concentraciones de PM_{10} en Bogotá D.C., fenómenos meteorológicos que interfieren en concentraciones de PM_{10} y principales fuentes generadores de PM_{10} en la ciudad de Bogotá D.C.

4. Gestión y depuración de los resultados de la búsqueda. El proceso de depuración de la búsqueda realizada se desarrolló en tres etapas, así: **a. Clasificación de las referencias encontradas:** se determinó si cada una de las referencias identificadas es realmente de interés. Para ello, se revisó el título, las palabras clave y el resumen de cada trabajo identificado y con esta información se procedió a clasificarlo en una de las siguientes categorías: *I. Seleccionado:* el trabajo sí es de interés. *II. Falso positivo:* el trabajo fue seleccionado atendiendo a la estrategia de búsqueda establecida, pero, a pesar de ello, no se corresponde con el objeto real de la misma. No es de interés. *III. Dudoso:* no quedó claro si el trabajo era o no de interés y se consideró necesario realizar un análisis más detenido del mismo para su clasificación. Los trabajos clasificados como dudosos se tuvieron que revisar con más detenimiento para su adecuada clasificación en las categorías de seleccionado o falso positivo. **b. Análisis de falsos positivos:** Los trabajos clasificados como falsos positivos fueron separados de los resultados de la búsqueda. No se trató de deshacerse de ellos, sino separarlos de los que realmente sí eran de interés para poder analizar la razón por la cual dichos trabajos fueron elegidos por la estrategia de búsqueda.

5. Análisis de los resultados. El objetivo en esta etapa fue analizar las publicaciones para establecer el estado las principales enfermedades que presentan los niños menores de 5 años a causa de la concentración de PM_{10} en la ciudad de Bogotá D.C. haciendo una relación espacio temporal en la ciudad.

La **Figura 3**, representa la metodología aplicada en el proyecto.

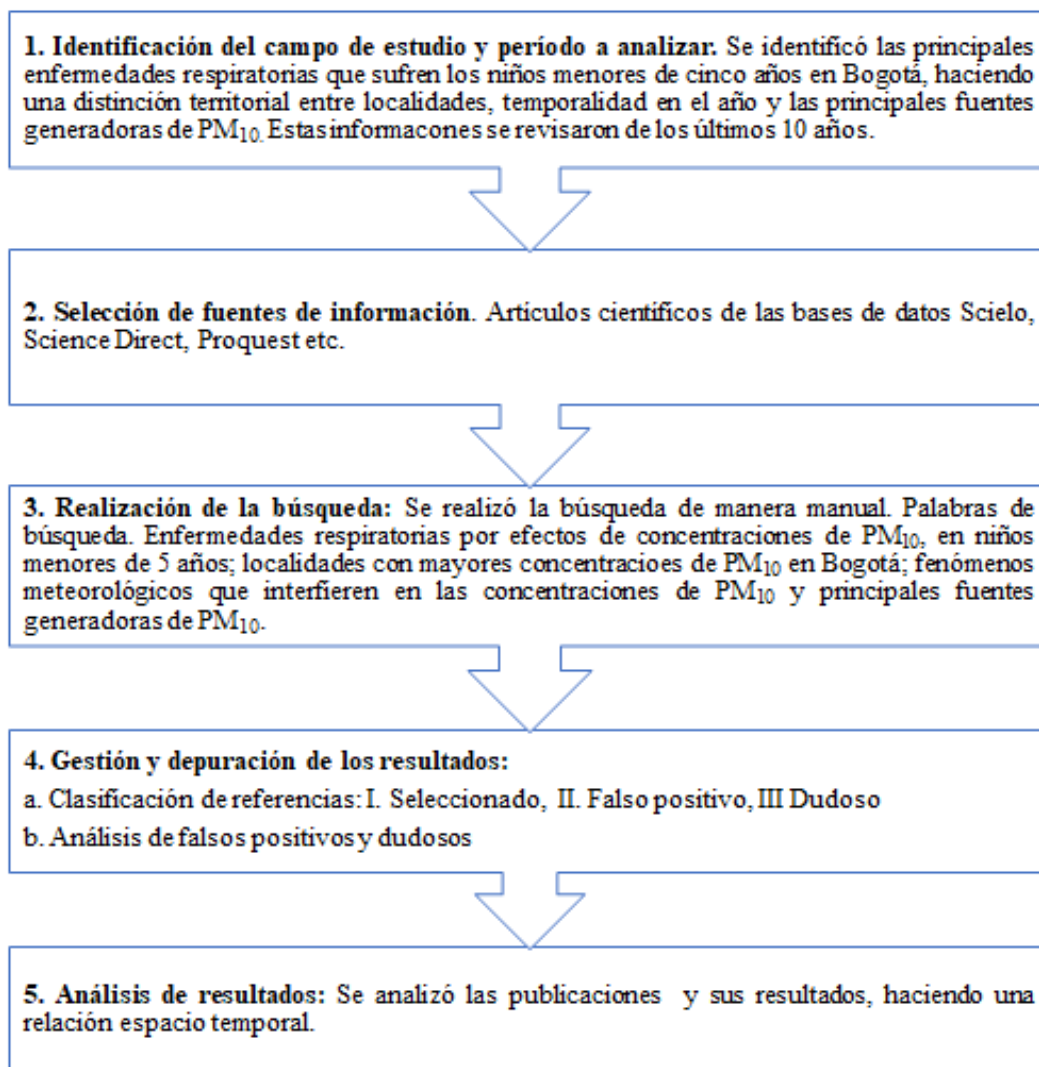


Figura 3. Metodología del trabajo.

Fuente: Adaptado de (Medina et al., 2016)

Artículos seleccionados

Los artículos seleccionados fueron tomados de bases de datos como *Scielo*, *Science direct*, *Redalyc*, *Dialnet*, *Researchgate*, repositorios universitarios y entidades del Gobierno Colombiano. De cuarenta y seis (46) estudios encontrados, once (11) fueron clasificados como dudosos y seis (6) fueron falsos positivos. Los once (11) estudios dudosos fueron nuevamente

revisados y se descartaron siete (7) estudios; es decir, que treinta y tres (33) estudios fueron seleccionados y generaron a valor a la monografía.

En el Apéndice A, B, C y D, se puede observar la información referente a los estudios y documentos extraídos para el presente trabajo.

Resultados y Análisis de Resultados

En primera instancia, se evalúan los estudios relacionados con enfermedades respiratorias en infantes, teniendo en cuenta que algunos estudios han sido enfocados a conocer las repercusiones de las concentraciones de PM₁₀ en la salud de los niños de edades entre 0-5 años en espacios cerrados, ya que ha habido estudios que demuestran que las concentraciones de PM₁₀ en casas, jardines y colegios conllevan a que los niños adquieran enfermedades respiratorias. Autores como SDS (2016), Alcaldía Mayor de Bogotá (2016), Mosquera & García (2007); Rodríguez et al. (2015); Romero Lankao, Quin, & Borbor Cordova (2013); Sánchez Caraballo (2012); Vargas, Onatra, Osorno, Páez y Sáenz (2008); Rodríguez et al. (2012) y Hernández et al. (2013) describieron los problemas de salud relacionados al PM₁₀.

La SDS (2016) realizó un estudio de las causas de mortalidad infantil en niños menores de cinco (5) años, encontrando que la causa principal era la IRA (Infección Respiratoria Aguda). Este estudio clasificó los datos por sexo en el periodo comprendido entre los años 2005 - 2013, en el que se evidencia que las niñas presentaron tasas más altas de mortalidad que los niños. Por otro lado, los niños han mantenido una tasa de mortalidad más estable y tendiente a la disminución (SDS, 2016), los resultados se muestran en la **Figura 4**.

La SDS en este mismo documento, determinó que el 57.6% de muertes en menores de cinco (5) años son a causa de neumonía en el periodo 2005 – 2013, y que estos casos de muerte se presentaron principalmente en niños de 0 a 1 año de edad. También, la SDS (2016) estableció que en el periodo de análisis se presentaron 839 casos de mortalidad por neumonía y 344 por IRA (SDS, 2016). Estos resultados se observan en la **Tabla 3**.

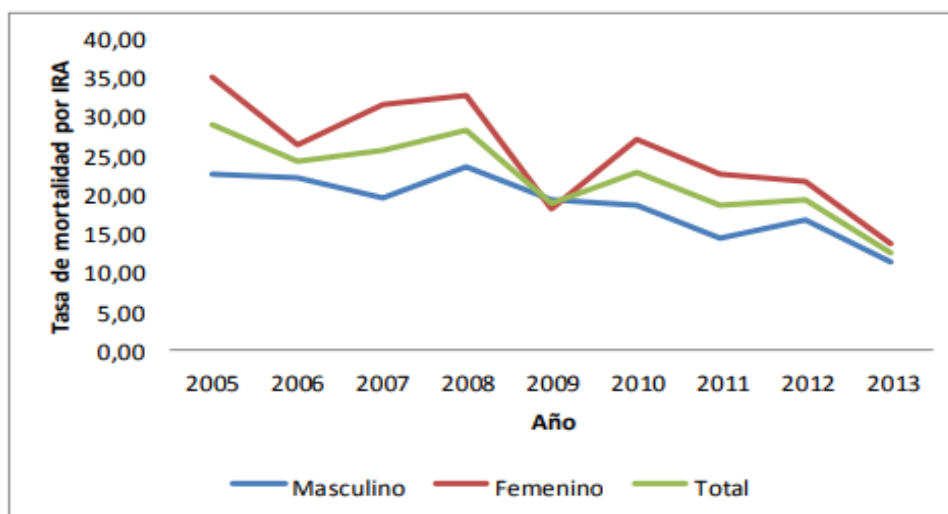


Figura 4. Mortalidad por IRA (Infección Respiratoria Aguda) menores de 5 años.

Fuente: Adaptado de (Bodega de datos SISPRO. Ministerio de Salud y Protección Social) citado en (SDS, 2016)

Tabla 3

Casos de mortalidad por neumonía e IRA

Subgrupo de causas de muerte	Sexo	Grupo edad	Número de muertes		
			2012	2013	Total
años 2005 - 2013					
Neumonía	Femenino	De 0 a antes de 1 año	21	11	252
		De 01 a 04 años	6	7	97
		TOTAL	27	18	349
	Masculino	De 0 a antes de 1 año	26	13	368
		De 01 a 04 años	3	9	122
		Total	29	22	490
Total			56	40	839
Otras Infecciones Respiratorias	Femenino	De 0 a antes de 1 año	19	15	127
		De 01 a 04 años	3	0	12

Agudas	TOTAL	22	15	139	
	Masculino	De 0 a antes de 1 año	32	18	185
		De 01 a 04 años	5	2	20
		Total	37	20	205
	Total		59	35	344

Fuente: Adaptado de (SDS, 2016)

Por otra parte, la Alcaldía Mayor de Bogotá, en conjunto con el equipo de Vigilancia en Salud Pública, emitieron un boletín de casos de ERA en niños menores de 5 años durante los años 2013 al 2016 en Bogotá D.C., en el que se encontró que a 30 de abril de 2016 se registraron 23 fallecidos por ERA, de los cuales 18 fueron por neumonía y 5 por IRA (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016).

Mosquera & García (2007) en el estudio Asociación entre la morbilidad por enfermedad respiratoria y contaminantes atmosféricos (PM_{10} , NO_2 y O_3) en las localidades de Fontibón y Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C., desarrollaron el análisis de PM_{10} en dos puntos, uno en el Hospital de Fontibón y otro en cercano a un Jardín Infantil de Puente Aranda rodeado de industrias, tráfico, talleres de mecánica, entre otros.

Los investigadores encontraron asociaciones positivas entre las consultas por ERA en las localidades de Fontibón y Puente Aranda, con las concentraciones de PM_{10} (Mosquera & García, 2007).

En los puntos de muestreo, además de las concentraciones de PM_{10} , se encuentran otras causas que acentúan el problema. En el Jardín la Giralda en Fontibón, los principales factores de riesgo fueron la desnutrición, industrias ubicadas a menos de una cuadra, el tener animales domésticos en la vivienda de los niños y haber tenido enfermedades respiratorias (Mosquera & García, 2007).

En el Jardín Antonio Nariño en la localidad de Puente Aranda, los factores de riesgo identificados fueron, exposición a humo de cigarrillo en sus dos primeros años de vida y vivir en una casa que funcione como fábrica o negocio (Mosquera & García, 2007).

Rodríguez et al. (2015) no determinaron la enfermedad más importante que se presenta por niveles de PM_{10} , porque las personas están expuestas a diversos contaminantes en el aire y no se puede determinar uno como el causante de la misma.

La SDS (2009) alertó sobre la primordial atención que debe darse a la contaminación del aire, así como su control en Bogotá D.C., ya que esta situación es prioritaria en ciudades como Bogotá D.C., en donde las autoridades de salud pública han documentado que las enfermedades respiratorias son la principal causa de morbilidad y mortalidad para niños menores de cinco años, así como una de las cinco primeras causas para la totalidad de la población (citado en Franco, 2012).

Se ha desarrollado estudios como el denominado *Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities* (Romero Lankao, Quin, & Borbor Cordova, 2013), en el que se realizó el análisis de la calidad de aire de tres ciudades Latinoamericana (Bogotá D.C., México y Santiago).

La **Figura 5** muestra los valores de PM_{10} en Bogotá D.C., en México y Santiago junto con otros contaminantes analizados.

En la imagen se observa que de las 3 ciudades Santiago de Chile tuvo una mayor concentración de PM_{10} , seguida de Bogotá D.C., pero las tres incumplieron la norma de la OMS.

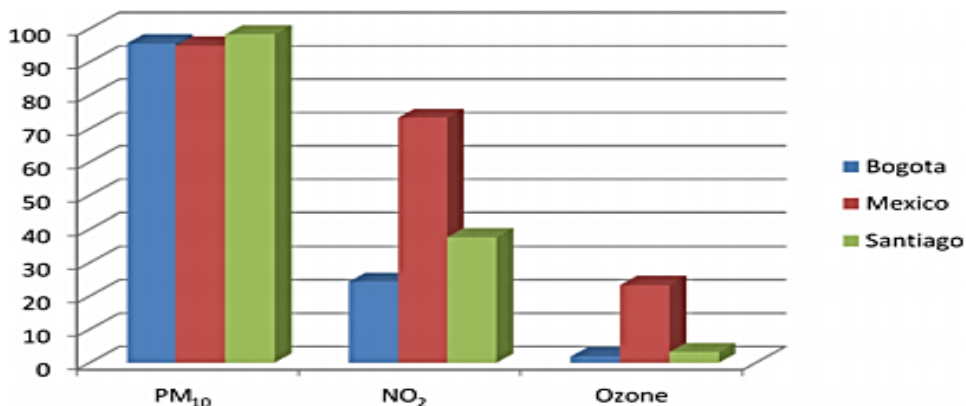


Figura 5. Niveles anuales de contaminantes en las tres ciudades de estudio.

Fuente: (Romero et al., 2013)

Tabla 4

Muertes por Temperatura y PM10 en tres ciudades latinoamericanas

Ciudad	Temporada	RR: Muertes cardiovasculares por temperatura	RR: Muertes respiratorias por temperatura	RR: Muertes cardiovasculares por PM ₁₀	RR: Muertes Respiratorias por PM ₁₀
Bogotá D.C. (2003 – 2006)	Caliente	0.950	0.864	1.001 o 0.1 %	0.994
	Frío	1.002 o 0.2 %	0.900	1.001 o 0.1 %	1.005 o 0.5 %
Ciudad de México (2000 – 2004)	Caliente	1.015 o 1.5 %	1.001 o 0.1 %	1.001 o 0.1 %	1.015 o 1.5 %
	Frío	0.974	0.948	1.001 o 0.1 %	1.164 o 16.4 %
Santiago (2001 – 2005)	Caliente	0.900	0.925	0.950	0.990
	Frío	0.809	0.820	1.012 o 1.2 %	1.014 o 1.4 %

Fuente: Adaptado de (Romero et al., 2013), los números en negrita representan un aumento en el Riesgo Relativo (RR) por el aumento de 1 °C en la temperatura media o el aumento de 10 µg/m³ en el PM₁₀. Se aplica la fórmula 100 x (RR - 1)

En la tabla anterior (**Tabla 4**), se observa el riesgo de mortalidad cardiovascular en Bogotá D.C. es de 0.1 % al igual que en Ciudad de México y en Santiago corresponde a 1.2 %.

El tiempo frío puede conducir a un aumento en el riesgo de mortalidad por 0.5 % para Bogotá D.C., 16.4 % Ciudad de México y 1.4 % para Santiago de Chile (Romero Lankao, Quin, & Borbor Cordova, 2013).

Sin embargo, Ciudad de México y Bogotá D.C. presentaron correlaciones positivas con el PM_{10} en temporadas calientes. En Ciudad de México la concentración media anual fue de 40.7 mg/m^3 y en Bogotá D.C. se reportó valores de 26.9 mg/m^3 en la estación Santo Tomás y 112.96 mg/m^3 en Puente Aranda, mientras que en Santiago de Chile hubo un rango de 52.3 mg/m^3 a 91.5 mg/m^3 (Romero Lankao, Quin, y Borbor Cordova, 2013).

Los investigadores Granum et al (2001), Gwinn & Vallyathan (2006) y Huang et al. (2010) aseguran que los PM_x tienen la particularidad que pueden adherirse a otras sustancias que pueden contener alérgenos, el material particulado sirve de transportador y colabora con la inflamación del tracto respiratorio, incluso se dice que favorece la producción de anticuerpos que aumenta la posibilidad de desarrollar asma alérgica (citado en Sánchez Caraballo, 2012). Islam et al. (2009) afirman que en diferentes estudios se ha demostrado que vivir en ciudades contaminadas con altas concentraciones de PM_x , permite el desarrollo de asma a temprana edad (citado en Sánchez Caraballo, 2012).

Vargas, et al. (2008) en su estudio Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores, establecieron los factores de riesgo para los niños menores de cinco años a causa del PM_{10} .

Gauderman et al. (2007) incluyen el factor biológico por la alteración genética y aumento de episodios de asma (citado en Vargas et al. 2008). El factor nutricional influye fuertemente en el desarrollo de enfermedades respiratorias en niños que nacen en condiciones de prematuridad, de bajo peso o desnutrición, (Vargas et al. 2008).

Este estudio también cita a Nickerson, (2006) quien dice que la poca lactancia permite la aparición de infección respiratoria posnatal (citado en Vargas et al. 2008).

Kjellstrom et al. (2007) establecen que el inadecuado de servicio de salud, dificultades en el acceso a los servicios, así como la no identificación temprana de síntomas de alarma de enfermedades respiratorias, hacen que los niños sean más propensos a adquirir enfermedades por contaminación por PM₁₀ (citado en Vargas et al. 2008).

El estudio factores de riesgo para enfermedad respiratoria en población de menores de 5 años hasta 14 años de una localidad de Bogotá D.C., 2012-2013, fue aplicado a 553 niños y niñas de edades de 5 – 14 años de la localidad de Bosa, de 2 colegios distritales y 3 jardines infantiles. La **Tabla 5** muestra los síntomas sufridos por los niños estudiados.

Tabla 5

Prevalencia de síntomas respiratorios en niños de 5-14 en Bosa, años 2012-2013

Variable	Prevalencia (N=553)
Tos en la noche diferente a la manifestada con cuadros gripales	32.9
Tos al reírse	9.1
Despertarse por tos	12.3
Estornudos y rinorrea sin gripa	24.8
Estornudos y rinorrea con gripa	86.1
Sibilancias alguna vez	25.1
Sibilancias en el último año*	55.4 (77/139)
Sibilancias con gripa*	58.3 (81/139)
Sibilancias que impidan decir palabras*	18.8 (15/80)
Sibilancias después de actividad física*	37.0 (30/81)
Alguna otra enfermedad de Bronquios*	22.9
Dx de Bronquitis*	64.3 (81/126)

Dx de Neumonía*	34.9 (44/126)
Dx de Tuberculosis*	0.8 (1/126)
Dx de Asma*	21.4 (27/126)
Dx de rinitis	12.3
Bajo peso al nacer	14.6
Ausentismo escolar	21.0

Fuente: (Rodríguez et al., 2012).

De acuerdo con los resultados anteriores prevalece los estornudos y rinorrea con gripa, seguido de bronquitis y sibilancias con gripa.

El 45.8 % de los niños analizados en la investigación, compartieron la cama con al menos un adulto (colecho) y el 40.7 % tiene las ventanas de la vivienda cerradas. El 0.7 % de niños duermen en el área usada también para cocinar y el 9.4 % tienen los baños sin un adecuado aislamiento. El 63.4 % de niños presentaban humedad en su habitación y el 65.5 % seca su ropa dentro de la vivienda (Rodríguez et al. 2012). En el estudio se encontró que la exposición prolongada a material particulado hace que los niños presenten síntomas de asma y rinitis (Rodríguez et al. 2012).

Romero en 2006 encontró que el incremento de los niveles de material particulado se asoció con un aumento en las visitas del servicio de urgencias por ERA (Rodríguez et al. 2012).

En la investigación denominada contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá D.C. (2007), fueron evaluados 619 niños menores de 5 años de 9 Jardines infantiles de tres localidades de Bogotá D.C. y se dividieron así:

- 315 niños de jardines expuestos a una mayor contaminación por PM₁₀.
- 304 niños de jardines menos expuestos la contaminación por PM₁₀.

Realizaron una medición durante 144 días, en donde se presentó una diferencia entre el menos expuesto ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y el jardín más expuesto ($91 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El jardín menos expuesto tuvo un valor de $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el valor obtenido extramuros fue de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hernández et al. 2013).

La comparación entre los jardines y puntos de monitoreo se pueden observar en la **Tabla 6**. En este estudio se determinó que las sibilancias fueron más altas en los niños que viven en la zona más expuesta a material particulado. Las sibilancias con resfriados fueron mayores también en este grupo. El 33.3 % correspondió a la prevalencia de tos con frecuencia y un 54.4 % fue de tos al levantarse (Hernández et al. 2013).

Tabla 6

Concentraciones de PM10 en Jardines infantiles en el 2007

Tipo estimador	Puente Aranda			Fontibón			
	Jardín infantil más expuesto No. 1	Jardín infantil menos expuesto No. 2	Red de monitoreo autoridad ambiental	Jardín infantil más expuesto No. 3	Red de monitoreo autoridad ambiental		
	Intra ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Extra ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Intra ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Extra ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Extra ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Promedio	86	91	62	50	95	69	104
Máximo	268	377	136	121	179	125	167

Fuente: Adaptado de (Hernández et al., 2013).

La cercanía a fuentes de emisión, vías a menos de 100 metros que se encuentran en construcción, convivencia con personas que fuman, son algunos de los factores que agravan la salud de los niños (Hernández et al. 2013).

Conforme a los datos suministrados por el DANE (2011), los siguientes son los casos de mortalidad por enfermedades respiratorias y contaminación atmosférica, ver **Tabla 7**.

Tabla 7

Casos de muerte relacionados a contaminación atmosférica en Bogotá D.C.

Departamento	Cáncer tráquea, bronquios, pulmón	Cáncer de otros sitios	Neumonía	Crónicas de las vías respiratorias	Pulmonares por agentes externos
Bogotá D.C.	491	28	944	1.831	107

Fuente: Adaptado de (DANE, 2011) citado en (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

De los nueve (9) estudios hallados, dos (2) no establecen relación con alguna de las ERA, y el 77.7 % de los estudios, es decir siete (7) determinaron relación de morbilidad y mortalidad por ERA, a causa de concentraciones de PM₁₀. Esto se observa en la **Figura 6**.

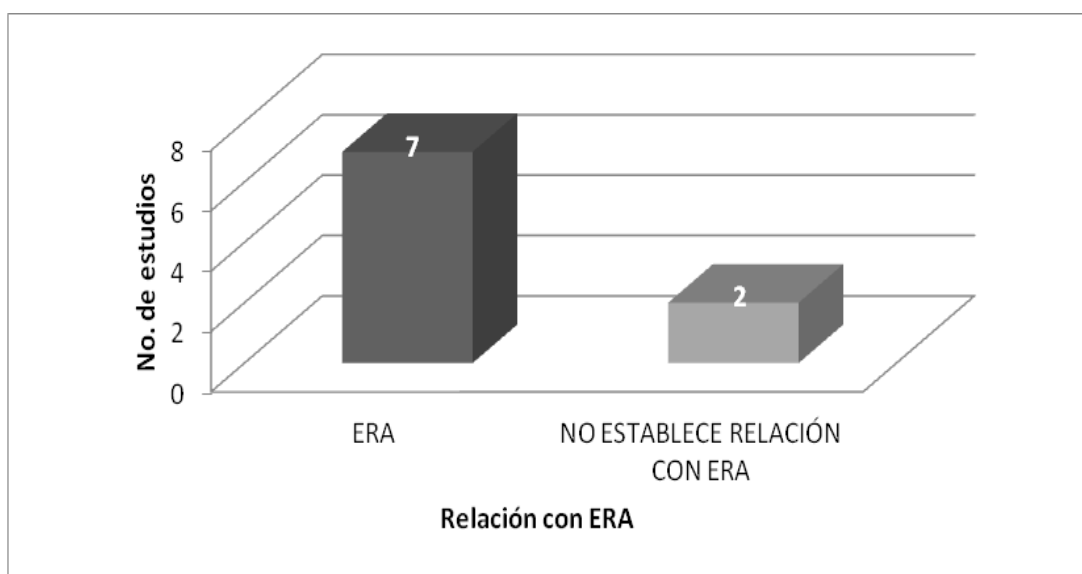


Figura 6. Estudios que afirman riesgo de morbilidad y mortalidad por ERA.

Fuente: La presente investigación

A continuación, se muestra el porcentaje y las enfermedades que presentan los niños menores de cinco años, de acuerdo con los estudios encontrados, ver **Figura 7**.

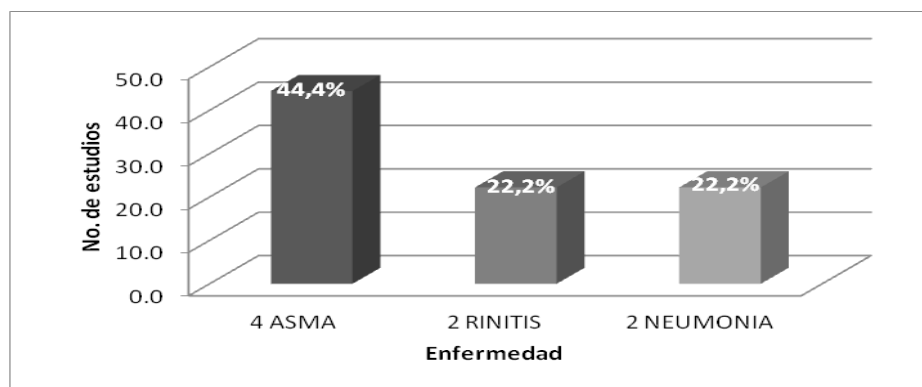


Figura 7. Porcentaje de estudios y enfermedades en niños menores de 5 años.

Fuente: La presente investigación

De los estudios se infiere que prevalecen en niños menores de cinco años, las enfermedades que hacen parte de las ERA, como el asma, rinitis y neumonía. El asma fue identificada por cuatro (4) de los nueve (9) estudios seleccionados como principal enfermedad causada por concentraciones de PM_{10} , dos (2) estudios establecieron a la rinitis como una de las principales enfermedades y otros dos (2) definieron que es la neumonía.

Por otra parte, las concentraciones de PM_{10} han sido analizadas, en el caso de la localidad de Puente Aranda ubicada al occidente de la ciudad cuenta con un punto de muestreo denominado Puente Aranda, que hace parte de la RMCAB de la SDA, el cual mide PM_{10} , O_3 , NO_2 , CO y SO_2 ; además, analiza variables meteorológicas como la velocidad del viento, dirección del viento, temperatura y precipitación (SDA, 2017).

Con respecto a dicha localidad se ha desarrollado dos estudios enfocados a conocer los valores diarios de PM_{10} . Uno realizado por Pachón & Sarmiento (2008) bajo la resolución 601 de 2006 y al igual que el estudio de Palacio et al. (2014). Y en cuanto a la resolución 610 de 2010, se incluye un informe de 2016 de la SDA.

Pachón & Sarmiento (2008) en la investigación denominada *Análisis espaciotemporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá D.C.-Colombia*, establecieron tres (3) puntos de muestreo para la toma de datos de las concentraciones de

PM₁₀, dos en la localidad de Puente Aranda y uno en la localidad de Usaquén, tomado como blanco de la investigación; dichas mediciones fueron realizadas en dos meses secos y en un mes lluvioso (Pachón & Sarmiento, 2008).

Los resultados mostraron un descenso de las concentraciones de PM₁₀ los fines de semana y las mayores concentraciones de PM₁₀ se presentaron de martes a jueves (Pachón & Sarmiento, 2008).

El promedio de las concentraciones diarias de PM₁₀ en Puente Aranda estuvieron en un rango de 65 y 100 µg/m³. En Usaquén las concentraciones fueron entre 20 y 30 µg/m³ (Pachón & Sarmiento, 2008). De acuerdo a esto, para el año de estudio no hubo incumplimiento en Puente Aranda, frente a la resolución 601 de 2006, pero comparado con la norma actual y lo citado por la OMS, valores más restrictivos, las concentraciones podrían influir negativamente en la salud de los niños menores de cinco (5) años.

Por su parte Palacio et al. (2014) realizaron la medición mediante un laboratorio móvil del IDEAM, en el cual se midieron otros parámetros como NO₂, NO_x, NO, SO₂, CO y O₃. Los autores encontraron que el PM₁₀ superó el límite diario establecido en la Resolución 610 de 2010 un 47.3 % de los 253 días analizados (Palacio et al. 2014).

Los resultados arrojaron que las concentraciones más altas de PM₁₀ fueron en días secos. Las concentraciones más altas halladas en el tiempo de medición se presentan a continuación en la **Tabla 8**.

Tabla 8

Resultados de máximas concentraciones diarias de PM10 obtenidos con laboratorio Móvil en Puente Aranda 2009.

Contaminante	Día	Mes	Año	Concentración
PM ₁₀	23	Octubre	2009	184.6 µg/m ³

21	Octubre	2009	174.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
14	Mayo	2009	158.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Adaptada de (Palacio et al., 2014)

Los resultados arrojados por el laboratorio móvil del IDEAM, fueron comparados con la estación Móvil de la SDA como se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9

Concentración promedio diario de PM10 en dos laboratorios móviles

Zona	Contaminante
	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Laboratorio Móvil IDEAM	95.6
Laboratorio Móvil SDA	73.8

Fuente: Adaptado de (Palacio et al., 2014) & (SDA)

Como se observa en la tabla anterior el promedio diario de PM₁₀, entre el 13 de abril de 2009 y 21 de diciembre de 2009, en el laboratorio Móvil del IDEAM fue de 95.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el laboratorio Móvil de la SDA fue de 73.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, es decir que no se incumplía la norma vigente para el 2009, la resolución 601 de 2006.

En Puente Aranda, hubo incumplimiento de la norma 610 de 2010 con respecto al valor máximo anual, de acuerdo con el Informe Anual 2016, emitido por la SDA, donde los valores de PM₁₀ fueron de 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el año 2015, el valor fue de 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SDA, 2016).

La localidad de Kennedy cuenta con dos estaciones de monitoreo denominadas Carvajal y Kennedy, que miden PM₁₀ y otros parámetros de calidad de aire como NO₂, CO y SO₂. La estación Carvajal mide velocidad del viento, dirección del viento, temperatura y precipitación.

Kennedy mide las mismas variables meteorológicas que Carvajal, pero también toma datos de radiación solar, humedad relativa y presión atmosférica (SDA, 2016).

En la localidad de Kennedy se han realizado dos (2) estudios regidos con la Resolución 601 de 2006, que incluyen la medición de PM_{10} comparado con otras localidades de Bogotá D.C., como lo son los estudios de los autores Vargas et al. (2012) y Tyler et al. (2013).

Vargas et al. (2012) comparan y caracterizan el PM_{10} hallado en la localidad de Kennedy con la localidad de Suba que está ubicada al Noroccidente de Bogotá D.C., el análisis se realiza a partir de una estación de monitoreo en cada localidad.

En la **Tabla 10**, se pueden observar los promedios máximo y mínimo de los dos sitios de muestreo desde el 15 de julio al 13 de septiembre de 2008:

Tabla 10

Promedio y máximo 24 horas de PM_{10} en Kennedy y Suba.

Especies	Sitio de muestreo 1 Suba			Sitio de muestreo 2 Kennedy		
	Promedio	Max	Mínimo	Promedio	Max	Mínimo
PM10	41.42	60.871	23.171	52.041	94.123	19.109

Fuente: Adaptado de (Vargas et al., 2012).

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que los resultados fueron más altos en el punto Kennedy que en el punto de muestreo de Suba. En ambos puntos las concentraciones más altas fueron entre semana.

El PM_{10} de Suba medido en la estación denominada Suba, fue asociado en un 60 % a fuentes móviles y en Kennedy el 35 % correspondió a industrias ubicadas en el sector. Otro 21 % fue relacionado a polvo generado por actividades de construcción y vías en mal estado

(Vargas et al. 2012). Con respecto a la anterior información se evidencia que las dos localidades cumplían con la Resolución 601 de 2006 y también se ajustan a los valores establecidos en la Resolución 610 de 2010, norma vigente en la actualidad.

Los investigadores Tyler et al. (2013), realizaron una investigación de las concentraciones de PM_{10} en las localidades de Kennedy y Bosa, usando datos reportados por la RMCAB desde el 2002 – 2010. Se evidencio que la concentración de PM_{10} en algunas zonas de la ciudad, dependen de las variables meteorológicas, porque en los meses de junio y julio las concentraciones disminuyen a comparación de noviembre y diciembre (Tyler et al., 2013).

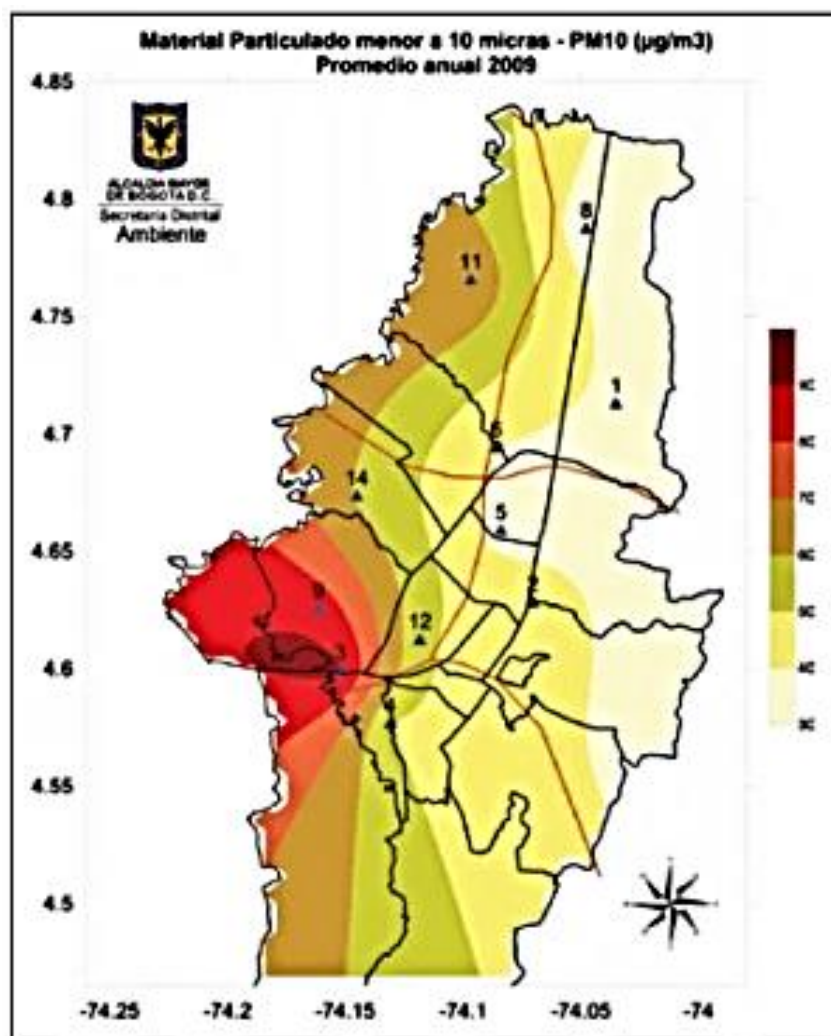


Figura 8. Material particulado PM_{10} en Bogotá D.C. 2009.

Fuente: (Tyler et al., 2013)

En la **Figura 8** se muestra la distribución de la contaminación para el año 2009. La figura tiene una escala de colores desde el color amarillo al café, siendo el color café y rojo el que representa las zonas más contaminadas de Bogotá D.C. En la imagen se puede observar que la zona de más contaminación en el año 2009 es en la zona occidental y la concentración de PM_{10} , fue disminuyendo paulatinamente al nororiente de la ciudad (Tyler et al. 2013).

Por lo anterior las localidades con mayor concentración de PM_{10} , son Kennedy y Bosa, influenciadas por actividades desarrolladas en estas zonas de la capital y superando los valores establecidos en la antigua resolución 601 de 2006 (Tyler et al. 2013).

La localidad de Santa Fe, ubicada en el centro de Bogotá D.C., cuenta con una estación de monitoreo de la RMCAB, la cual mide PM_{10} y O_3 , además, registra las variables velocidad del viento, dirección del viento y precipitación.

En Santa Fe se realizó un estudio donde se estableció dos puntos de medición de PM_{10} , uno ubicado en City Tv y el edificio Julio Flórez (Ruiz, 2006).

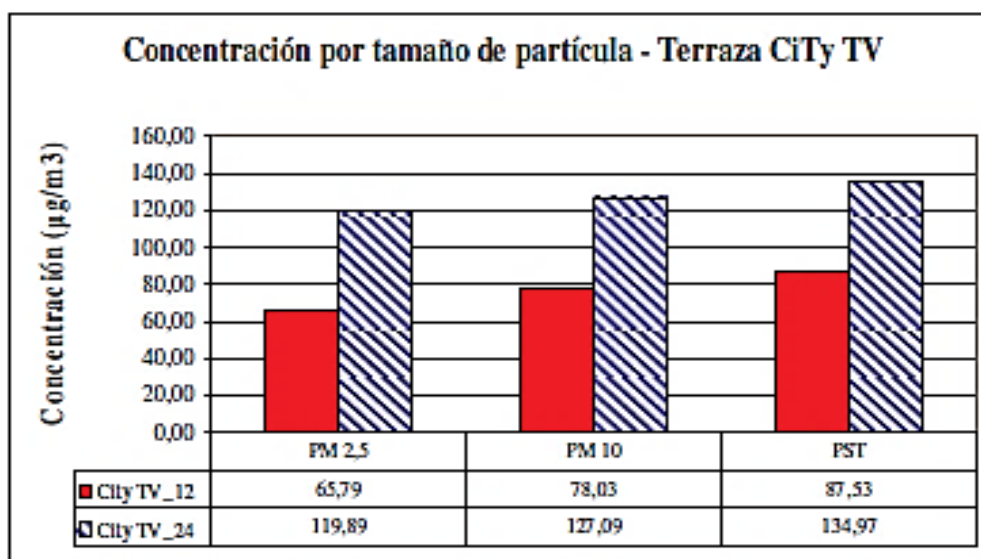


Figura 9. Concentración por tamaño de partícula en City Tv.

Fuente: (Ruiz, 2006).

Según la **Figura 9**, el punto de muestreo de City Tv tuvo una mayor concentración en 24 horas que en 12 horas, lo que permite determinar que hay factores que inciden en la calidad del aire en horas de la noche.

La emisión de PM₁₀ en 12 horas dio un resultado de 78.03 µg/m³ y en 24 horas de 127.09 µg/m³.

En el edificio Julio Flórez, ocurrió lo contrario los mayores valores se dieron en la medición de 12 horas, lo que significa que las fuentes móviles están relacionadas a las emisiones de PM, tal como se observa en la **Figura 10**.

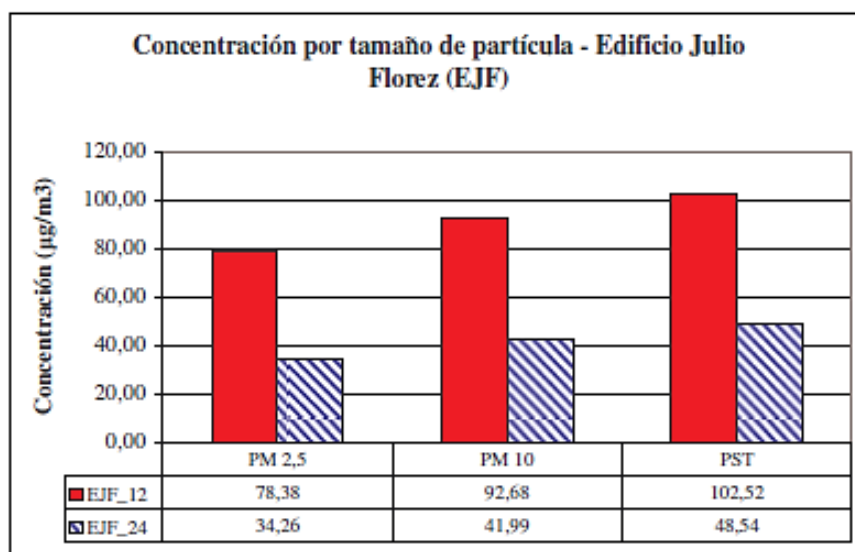


Figura 10. Concentración por tamaño de partícula en Julio Flórez.

Fuente: (Ruiz, 2006)

El valor de PM₁₀ en 12 horas fue de 92.68 µg/m³ y en horas de la noche de 41.99 µg/m³ (Ruiz, 2006).

En la localidad de Santa Fe, se presentó cumplimiento a la Resolución 601 de 2006, sin embargo, tales concentraciones superan los límites definidos por la OMS como peligrosos para la salud de los niños menores de cinco (5) años.

Para la localidad de Usaquén la SDA, reporto valores de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales en 2014 y $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2015, cumpliendo así la resolución 610 de 2010 (SDA, 2015).

Otros estudios han concentrado su atención en toda la ciudad, con el fin de identificar la localidad donde se presentan mayores concentraciones de PM_{10} , como es el caso de (Gaitán et al. 2007) estudio realizado bajo la resolución 601 de 2006 y un (1) estudio basados en ambas resoluciones, como lo es el estudio del IDEAM, (2012) y un (1) estudio de la CCB, Universidad de los Andes (2014) bajo la resolución 610 de 2010.

Gaitán et al. (2007) realizaron un estudio basado en datos de PM_{10} , SO_2 , NO_3 , CO y O_3 de la RMCAB. De las once (11) estaciones evaluadas en este estudio, siete (7) reportaron medias anuales que superaron la norma anual de calidad de aire (Gaitán et al. 2007).

Las mayores concentraciones de PM_{10} se presentaron en el centro-occidente de la ciudad en la estación de Puente Aranda, superando los valores establecidos, donde el 90 % de los días evaluados, superan el nivel de PM_{10} permitido en Colombia (Gaitán et al. 2007).

Entre las estaciones que reportan menos valores se encuentra Bosque en Usaquén, Escuela en Suba sector Norte y estación Santo Tomás en Chapinero (Gaitán et al. 2007).

En la **Figura 11** el cumplimiento en la norma de PM_{10} en 2006, es representado por escala de grises. En donde el negro es la mayor concentración y el color más claro es la menor concentración (Gaitán et al. 2007). Los valores encontrados en este estudio superaron el nivel máximo permitido en la resolución 601 de 2006. Se observa que los mayores valores se presentan en el centro-occidente de la ciudad, donde se desarrollan importantes actividades industriales como sucede en localidades como Puente Aranda y Fontibón.

El IDEAM en el informe del estado de la calidad de aire en Colombia 2007-2010 encontró que las concentraciones para PM_{10} presentaron valores que superaron los límites establecidos, situación que se extendió durante todo el período de análisis (2007-2010), registrando una tendencia al aumento para el último año de análisis, estaciones como Tunal en Rafael Uribe Uribe, Ferias en Engativá y Usaquén en la localidad de Usaquén presentaron un aumento de la

concentración con respecto al año 2009, mientras que la situación contraria se presentó en estaciones tales como Carvajal y Suba.

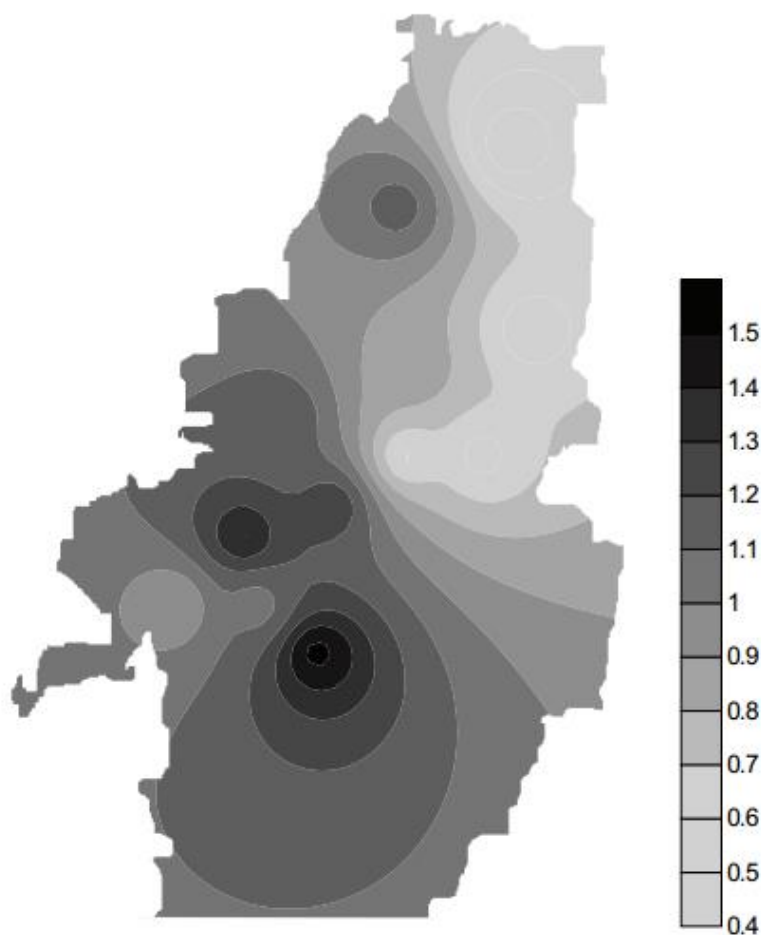


Figura 11. Iso-concentraciones en Bogotá D.C. para el 2006.

Fuente: (Gaitán et al., 2007)

Respecto a los resultados obtenidos en el análisis de calidad de aire de Bogotá D.C. en el período comprendido entre 2007-2010, las estaciones que superaron $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales fueron Carvajal y Kennedy (IDEAM, 2012).

En el período comprendido entre los años 2007 a 2010 algunos de los datos sobrepasaron los $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la estación Suba en el 2007 tuvo un promedio de $84.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el 2010 de

55.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por otro lado, Carvajal en 2008 reportó 110.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en 2010 a 90.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (IDEAM, 2012).

En Bogotá D.C. se emitió el documento observatorio de movilidad 2013, bajo el límite permitido por la Resolución 610 de 2010, el cual contiene información de transporte de la ciudad. En este año se realizó el monitoreo de PM_{10} por medio de la RMCAB, en la siguiente imagen se puede observar el mapa de Bogotá D.C. con la concentración de PM_{10} para ese año.

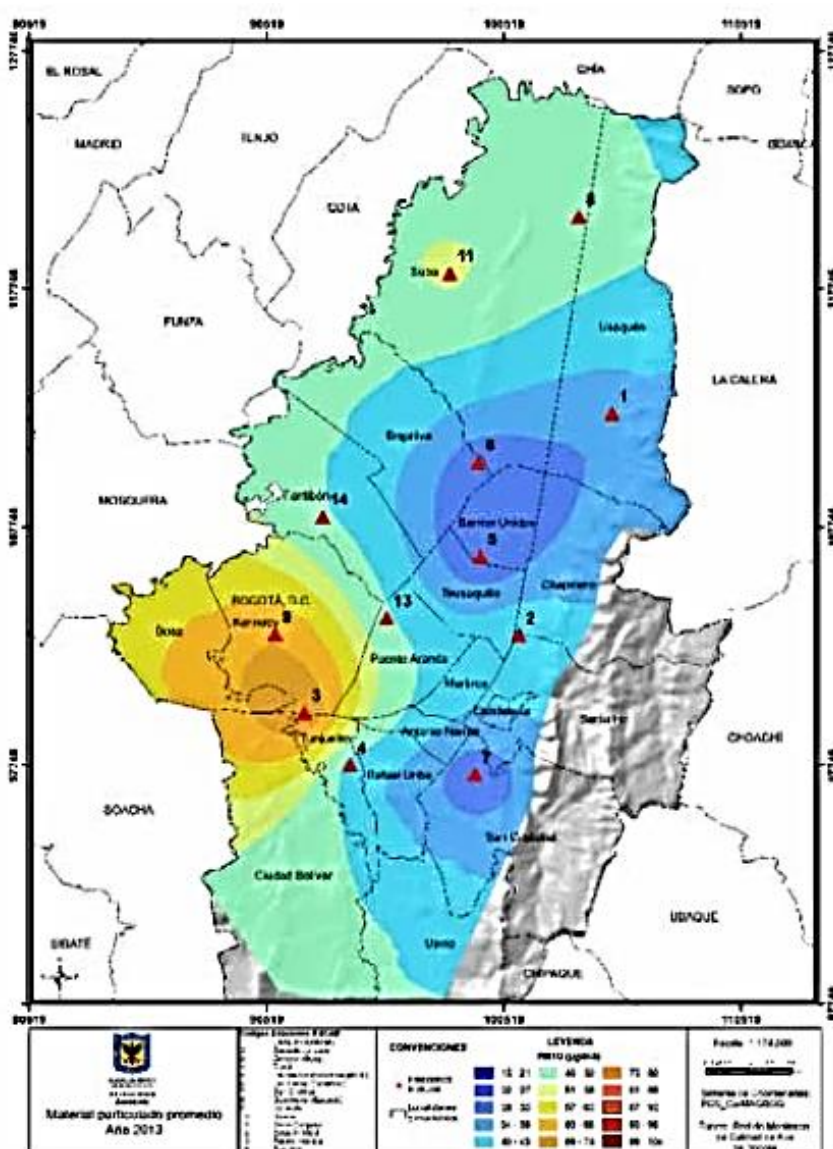


Figura 12. Concentraciones en el año 2013.

Fuente: (CCB & Universidad de los Andes, 2014)

La **Figura 12**, representa la contaminación de PM₁₀, por medio de escala de colores de rojo a color azul. En este año se evidenció una disminución a comparación del año 2011, la concentración promedio en el 2013 fue de 47.9 µg/m³. En las estaciones Suba (Corpas), Carvajal y Kennedy se presentaron datos que superaban la norma cuyo límite establecido es de 50 µg/m³ anuales (CCB y Universidad de los Andes, 2014).

Los días en los que los valores de PM₁₀ excedieron la Resolución 610 de 2010 en el año 2013 se observan en la **Tabla 11**.

Tabla 11

Excedencia medición 24 horas de PM10 en 2013 en Bogotá D.C.

Contaminante	Concentración promedio anual	Días de excedencia	Porcentaje de días de excedencia
Material Particulado PM ₁₀ (24h) (µg/m ³)	47.9	85	23 %

Fuente: Adaptado de (SDA, 2013) citado en (CCB & Universidad de los Andes, 2014)

Los valores reportados por la SDA de PM₁₀, en unidades de microgramos/m³ fueron las siguientes para los años del 2007-2013, ver **Tabla 12**:

Tabla 12

Valores de PM10 del 2007 al 2013 en Bogotá D.C. en 13 puntos de la ciudad.

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
71 µg/m ³	67 µg/m ³	59 µg/m ³	59 µg/m ³	51 µg/m ³	48 µg/m ³	48 µg/m ³

Fuente: Adaptado de (CCB & Universidad de los Andes, 2014)

A continuación, se muestra el análisis de los resultados de los estudios nombrados anteriormente, con relación a localidades bogotanas y el cumplimiento de las mismas con la norma vigente que es la Resolución 610 de 2010.

En la **Figura 13** se observan los estudios que relacionan el cumplimiento e incumplimiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ en la localidad de Puente Aranda.

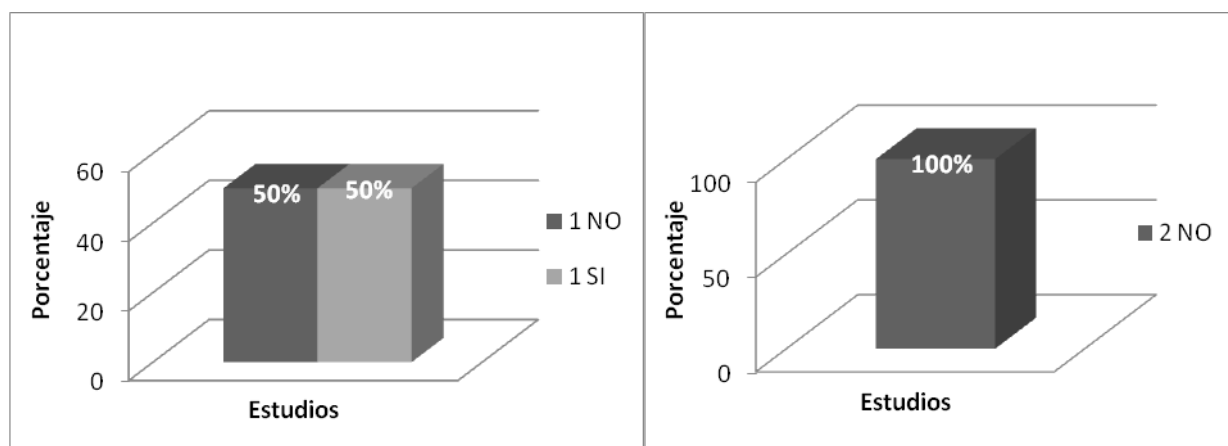


Figura 13 Cumplimiento del valor diario y anual de la norma colombiana en Puente Aranda.

Fuente: La presente investigación

En esta investigación se tuvieron en cuenta dos estudios realizados por Palacio et al. (2014) y otro realizado por Pachón y Sarmiento (2008) dedicados al análisis de la concentración diaria de PM₁₀ en la localidad de Puente Aranda y en toda la ciudad. De estos, uno establece que se las concentraciones cumplen la Resolución 610 de 2010, porque sobre pasan los 100 µg/m³ en 24 horas. Y el otro estudio establece que si hay incumplimiento de la norma. Por lo tanto, el porcentaje de incumplimiento es de un 50 %.

En los estudios de Gaitán et al. (2007) y la SDA (2016) establecieron que los valores anuales en esta localidad se incumplieron, como se muestra en la **Figura 13**.

De la localidad de Kennedy se encontró la investigación de Vargas et al. (2012), en el que se analizó concentraciones diarias de PM_{10} , estableciendo que la localidad no llega al incumplimiento como se observa en la **Figura 14**.

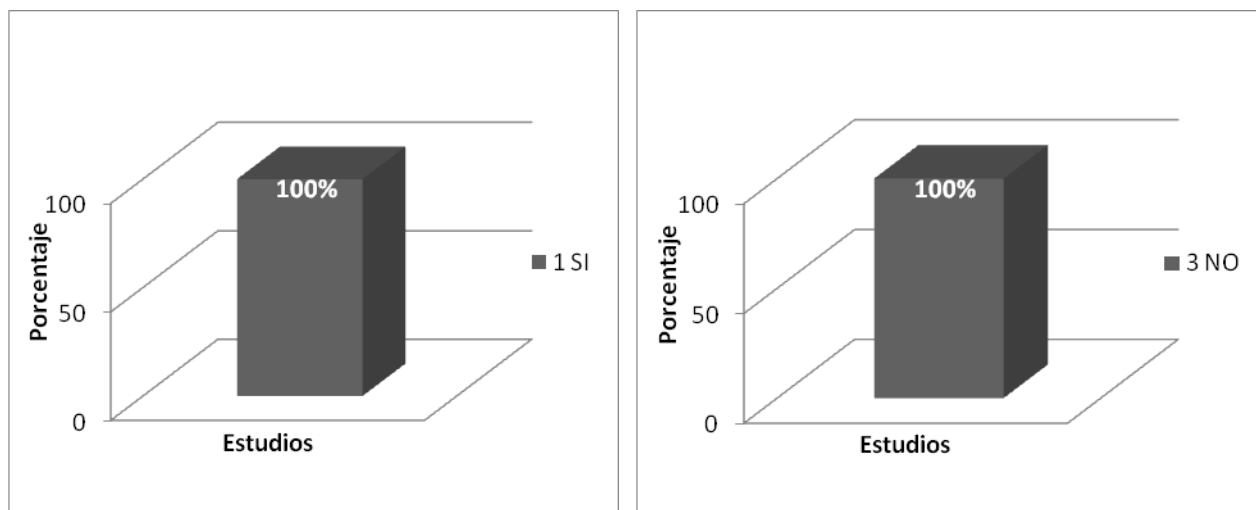


Figura 14. Cumplimiento del valor diario y anual establecido en la norma colombiana en Kennedy.

Fuente: La presente investigación

Con respecto al cumplimiento anual de la Resolución 610 de 2010, en la localidad de Kennedy se encontró tres (3) estudios que coinciden en el incumplimiento del valor anual permitido de PM_{10} por la norma colombiana, en la investigación de Tyler et al. (2013), el estudio del IDEAM y el estudio de la CCB junto con la Universidad de los Andes, se hallaron valores superiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales, que es el límite establecido en la Resolución 610 de 2010, es decir que hay un porcentaje de incumplimiento de 100 % con respecto a estos estudios, como se puede ver en la **Figura 14**.

En la localidad de Suba, se tuvo en cuenta un (1) estudio que determinó la concentración diaria de PM_{10} , es el caso de la investigación de Vargas et al. (2012), quienes determinaron que los valores de PM_{10} diarios no superan la normatividad colombiana (**Figura 15**).

En Suba, también se encuentran dos (2) estudios que analizaron el cumplimiento de las concentraciones de PM_{10} anual, uno de los estudios fue realizado por el IDEAM, (2012) y el otro por la CCB, Universidad de los Andes (2014). Ambas investigaciones definieron que los valores anuales en la localidad de Suba son mayores a la Resolución 610 de 2010, es decir que se incumple en un 100 %, ver **Figura 15**.

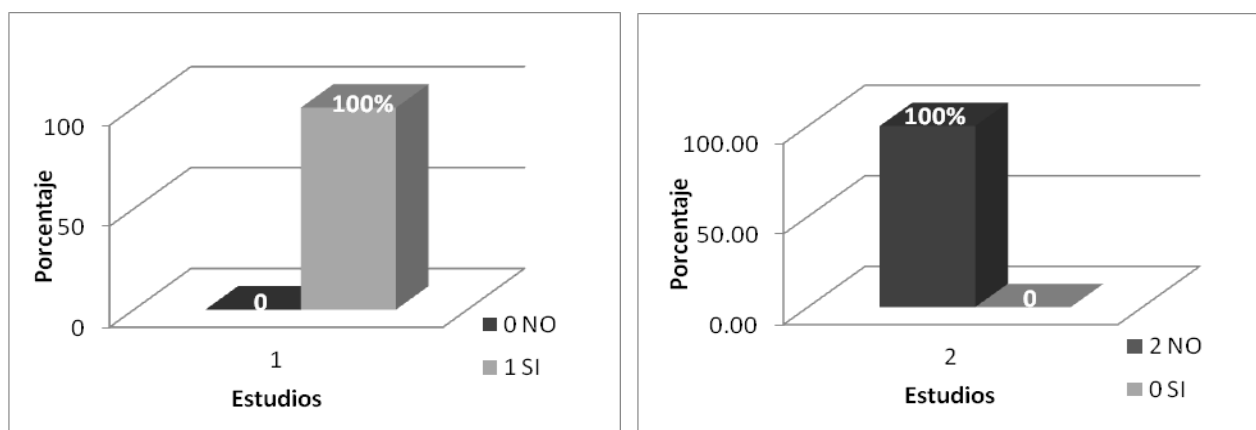


Figura 15. Cumplimiento del valor diario y anual establecido en la norma colombiana en Suba.

Fuente: La presente investigación

En la localidad de Santa Fe, se efectuó un (1) estudio del que se determinó incumplimiento del valor diario permitido, como se puede observar a continuación en la **Figura 16**.

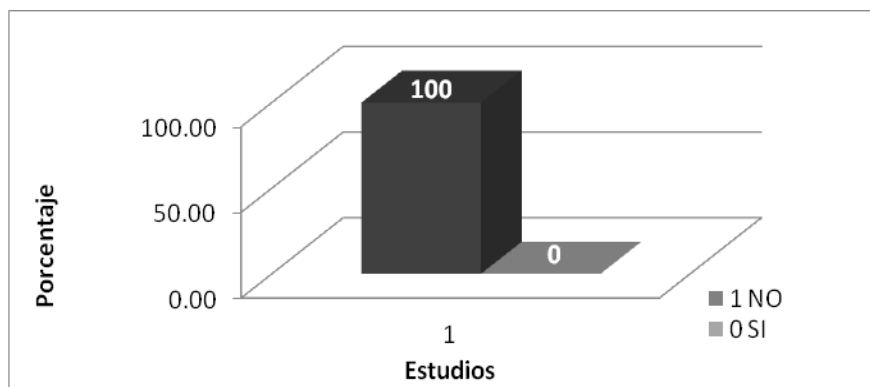


Figura 16. Cumplimiento del valor diario establecido en la norma colombiana en Santa Fe.

Fuente: La presente investigación

En la localidad de Bosa el estudio de Tyler et al. (2013), determinaron incumplimiento de los valores diarios permisibles de PM_{10} , como se ve en la **Figura 17**.

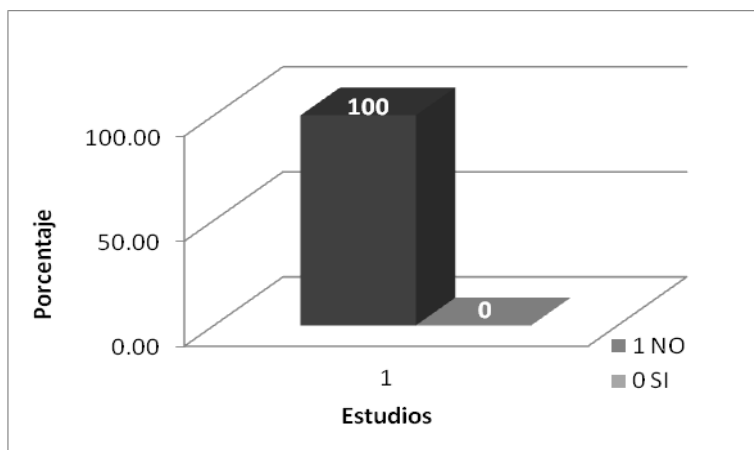


Figura 17. Cumplimiento del valor diario establecido en la norma colombiana en Bosa.

Fuente: La presente investigación

La localidad de Usaquén en dos (2) estudios, uno realizado por Pachón & Sarmiento (2008) en el que obtuvo valores entre 20 y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y otro de la SDA (2015) en el que los valores cumplen con la norma, lo que significa que no se sobrepasa el valor diario de PM_{10} , el porcentaje de cumplimiento se observa en la **Figura 18**.

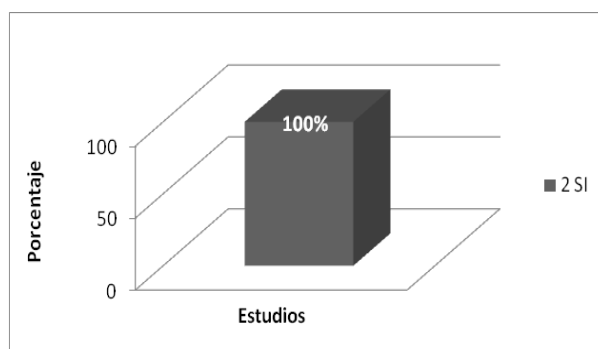


Figura 18. Cumplimiento del valor diario establecido en la norma colombiana en Usaquén.

Fuente: La presente investigación

En la **Figura 19** que se muestra a continuación, se observa el número de estudios que determinan el cumplimiento e incumplimiento de la normatividad en cada localidad.

De acuerdo con los datos anteriores las localidades que presentan mayores concentraciones de PM₁₀ en Bogotá D.C., con base a los estudios encontrados son Kennedy, Puente Aranda y Suba.

Usaquén se encuentra dentro del rango permitido de emisión de PM₁₀, mientras que las localidades de Santa Fe y Bosa incumplieron la norma en las investigaciones realizadas allí.

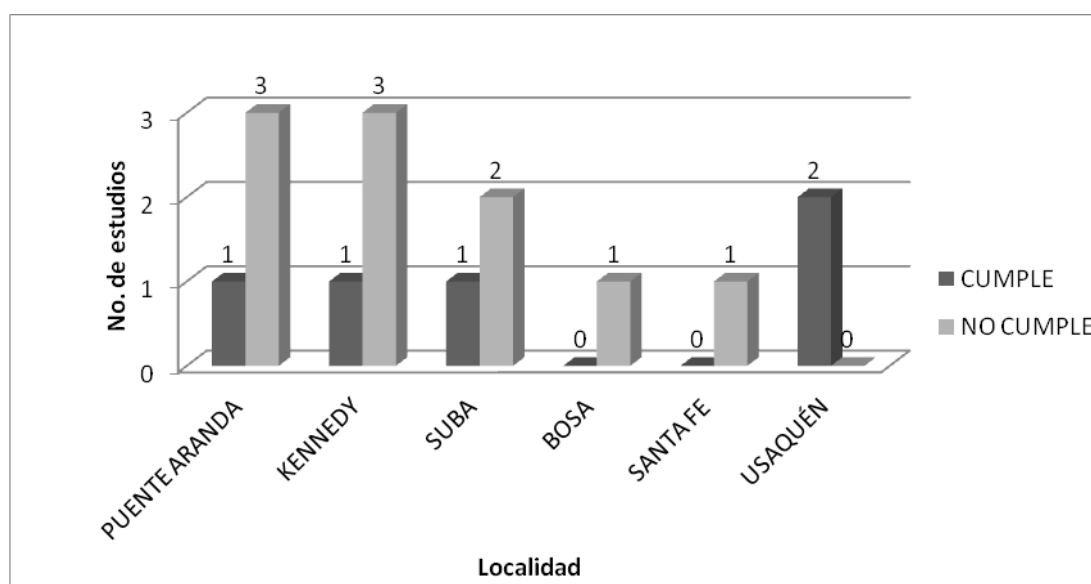


Figura 19. Cumplimiento de Localidades y sus estudios.

Fuente: La presente investigación

Ya conociendo las localidades que presentan mayores concentraciones de PM₁₀, en Bogotá D.C. se han efectuado estudios que han buscado determinar las fuentes que generan las mayores concentraciones de PM₁₀. Las investigaciones de Rojas (2004); Franco et al. (2009); Franco (2009); Peñalozza (2010) y Soto & Sellamén (2011) fueron dedicados al análisis de fuentes móviles, para conocer su influencia en el deterioro de la calidad de aire. Otros autores como Fadul & Hernández (2006), SDA (2008) y SDA (2017) se encargaron de estudiar las dos fuentes de emisión.

Según Rojas (2004) las fuentes móviles son la fuente principal de emisión de PM_{10} a la atmósfera. Y el parque automotor que funciona con diésel es el que más contribuye con las emisiones al aire de material particulado, ya que un motor diésel puede emitir hasta tres veces por encima la concentración de un motor a gasolina. Esto también lo asegura Kittelson et al. (1998) al decir que “cada vehículo a diesel emite alrededor de 45 a 80 veces la masa de partículas que emite un vehículo a gasolina con la misma potencia, dependiendo de sus condiciones de operación” (citado en Rojas, 2004) y Hall et al. (1998) nombra que el vehículo a gasolina emite 1×10^{14} partículas/km y los motores diésel 2×10^{14} partículas/km (citado en Rojas, 2004).

Franco et al. (2009) establecieron cuatro (4) puntos de medición en cuatro (4) colegios distritales de la ciudad. El colegio Torca en Usaquén ubicado en una zona semi-rural, el Panamericano en la localidad de los Mártires, La Palestina en Engativá y Robert F. Kennedy en Engativá, fueron seleccionados por su ubicación en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá D.C.

Se calcula que los vehículos hallados en las vías elegidas están en un rango de 5.200 y los 7.500 por hora.

Los resultados encontrados en la investigación demuestran niveles que superan los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Franco et al. 2009). En la **Figura 20** se demarcó con líneas punteadas los valores de referencia de la OMS, los cuales fueron sobrepasados en varias oportunidades, dejando en riesgo a los menores de edad.

Para las instituciones ubicadas cerca de alto tráfico vehicular tuvieron valores diarios de 87 y $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en comparación con la institución de bajo flujo vehicular el valor medio de PM_{10} fue de $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Franco (2009) de la investigación denominada Consideraciones del material particulado en Bogotá D.C. *Alternativas tecnológicas de medición de la calidad del aire*, concluye que del análisis se evidencia que las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy, donde

se tiene una alta densidad de consumo de combustibles líquidos, se registran altas concentraciones de PM_{10} .

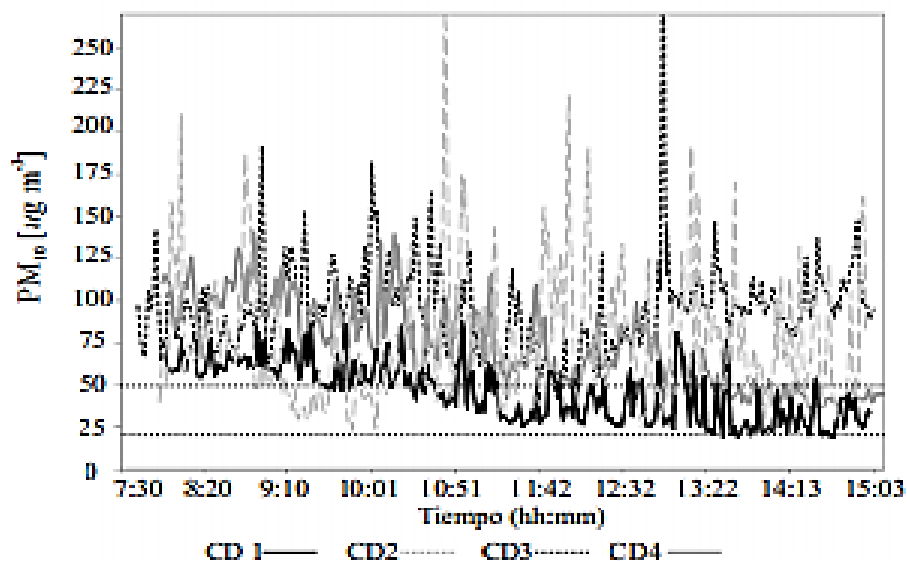


Figura 20. Concentraciones diarias de PM_{10} en las cuatro instituciones estudiadas.

Fuente: (Franco et al., 2009)

También se concluye algo similar para las localidades de Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal y Usme, en las cuales, dada la alta densidad de consumo de combustibles sólidos, se registran altas concentraciones de PM_{10} (Franco, 2009).

Fadul y Hernández (2006), realizaron una investigación en Puente Aranda con dos puntos de medición cercanos a fuentes fijas y móviles. Basados en el análisis de dos puntos de muestreo en la localidad de Puente Aranda, para la determinación de plomo, cobre, cromo, zinc y hierro en PM_{10} . Realizaron cada muestreo durante 10 días consecutivos en junio y julio del año 2005, que hacen parte de la temporada seca de Bogotá D.C.

El DAMA, (2001) estableció un inventario de emisiones para Puente Aranda, donde había 593 industrias de las cuales 135 generan contaminación por metales pesados (Fadul & Hernández, 2006).

Los procesos industriales que más se presentaron en la localidad de Puente Aranda, de Bogotá D.C. fueron:

- Fabricación de vidrio y derivados
- Producción de productos minerales no metálicos
- Industrias de metales no ferrosos
- Industrias de hierro y acero
- Fabricación de pinturas, barnices y similares
- Fundición de hierro y acero
- Fabricación de productos de metal
- Fabricación de material

379 de las industrias de la localidad reportadas por el DAMA, utilizaban combustibles, tal y como lo muestra la **Tabla 13** Fadul & Hernández (2006).

Tabla 13

Porcentaje de industrias y consumo de combustibles en Puente Aranda

Combustible	% de Industrias	Consumo	Unidades
Fuel oil	44	37569.78	gal/d
Crudo	2.7	17654	gal/d
Gas natural	28	90957.46	m3/d
Gas propano	10	492.93	m3/d
Carbón	15	501.017	ton/d
Coque	0.3	5.28	ton/d

Fuente: (DAMA, 2001) citado en Fadul & Hernández (2006)

Respecto a fuentes móviles el combustible usado generalmente es gasolina o diésel y el flujo total de vehículos varió de 215.184 y 229.248 vehículos/día, ver **Tabla 14**.

Tabla 14

Distribución porcentual de vehículos en sitios de aforo de la localidad de Puente Aranda

Distribución Porcentual			
Sitio de Aforo – Sentido de Flujo	Vehículos Livianos	Transporte Público	Transporte Pesado
Calle 13 – Oriente	82.6	8.4	9
Av Américas – Occidente	81.2	13.2	5.6
Av Américas – Oriente	81.5	12.7	5.8
Av 68 – Sur	80	14.2	5.8
Av 68 – Norte	79	14.8	6.2
Cra 50 – Norte	89.5	2	8.4
Calle 13 – Oriente	81.2	7.6	11.1
Av La Esperanza	92.5	6.1	1.3

Fuente: (Aristizábal, 2017), citado en Fadul & Hernández (2006)

En la Calle 13 el flujo varía por el sistema Transmilenio con 634 a 2032 articulados.

Fadul & Hernández (2006) concluyen que las fuentes fijas son las principales generadoras de PM₁₀ con contenido de metales pesados, pero las fuentes móviles tienen un gran aporte a la contaminación del aire.

Peñaloza (2010) en la investigación *Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas de la ciudad de Bogotá D.C.*, realizó un análisis de los parámetros que definen la calidad de aire de la ciudad, como lo es el PM y

comparó los valores de emisión de fuente móviles encontrados en este estudio con los pasados, como se observa en la siguiente **Tabla 15**.

Tabla 15

Comparación de los resultados de fuentes móviles hallados por Peñaloza, (2010) con estudios previos

Valores (ton/año)	PM
Peñaloza 2010	1.594
Rodríguez & Behrentz (2009)	1.100
Bogotá 2003	1.643
Bogotá (2005)	2.200
Promedio	1.648
Mínimo (Estudios Previos)	1.100
Máximo (Estudios Previos)	2.200

Fuente: (Peñaloza, 2010) citado en (Rodríguez, 2009)

Los resultados de este estudio son de 1.594 toneladas al año de emisión de PM por parte de fuentes móviles.

Además, Peñaloza (2010) también determinó que las fuentes fijas emiten 1.400 toneladas al año de PM.

Por otro lado, en el inventario de fuentes fijas de la SDA (2008), se identificó que el 30 % aproximadamente de industrias son del sector informal. Estas industrias se caracterizan por contar con tecnologías antiguas, que requieren de combustibles contaminantes. Muchas de ellas funcionan con calderas y hornos, con una operación no óptima que genera más emisiones (SDA, 2010).

Soto & Sellamén (2011) afirman que el incremento del parque automotor, la industrialización y el crecimiento urbano, se ve reflejado en el aumento de las concentraciones de contaminantes atmosféricos.

En 2014, fue emitido el inventario de emisiones, suscrito por Ecopetrol S.A y la SDA, con corte a ese mismo año. En la **Tabla 16** se puede observar los resultados para PM₁₀ (SDA, 2017).

Tabla 16

Inventario de emisiones 2014 por fuentes de combustión y de área en Bogotá

Fuente de emisión	PM₁₀
Fuentes Móviles	1.475
Fuente Fijas Industriales	1.078
Fuentes fijas comerciales	130
Incendios Forestales	61
TOTAL	2.744

Fuente: Adaptado de (SDA, 2017).

Los porcentajes de cada fuente de emisión durante el tiempo estudiado se muestran en la siguiente tabla, ver **Tabla 17**.

Tabla 17

Porcentaje de PM₁₀ por fuente de emisión

Fuente de emisión	PM₁₀
Fuentes Móviles	53.8 %

Fuente Fijas Industriales	39.3 %
Fuentes fijas comerciales	4.7 %
Incendios Forestales	2.2 %

Fuente: (SDA, 2017).

De los datos anteriores se infiere que la principal fuente de emisión en Bogotá es generada por fuentes móviles.

La **Figura 21** permite observar que los estudios de Rojas (2004); Franco et al. (2009); Franco (2009); Soto & Sellamén (2011), SDA (2017) y Peñalosa (2010) concuerdan en que las fuentes que más generan PM_{10} son las móviles.

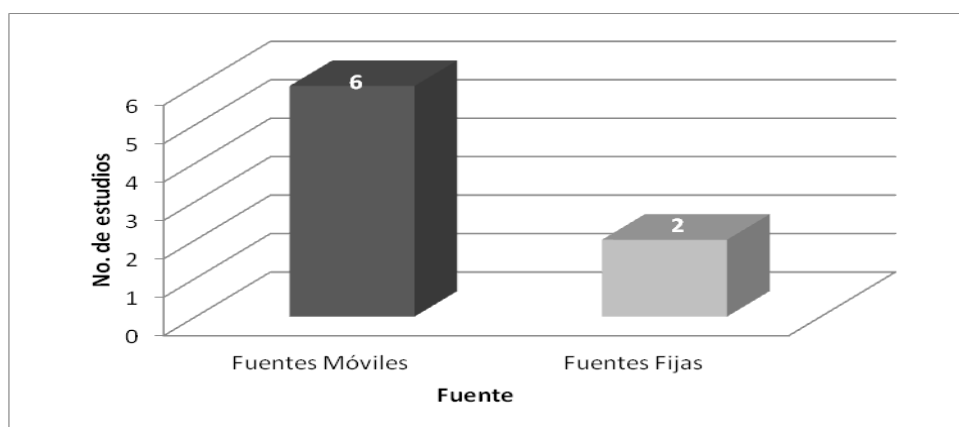


Figura 21. Número de estudios y fuentes de PM_{10} .

Fuente: La presente investigación

Por el contrario, la SDA (2008) y Fadul & Hernández, (2006), determinaron en sus investigaciones que las mayores fuentes generadoras de PM_{10} son fijas.

De ocho (8) estudios seleccionados en esta monografía, el 75 % indican que las fuentes de emisión son móviles y el 25 % restante afirma que son fuentes fijas como lo muestra la **Figura 22**.

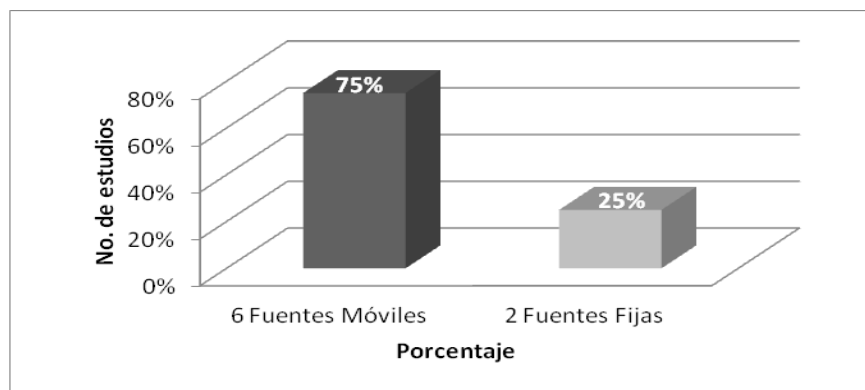


Figura 22. Porcentaje de fuentes generadoras de PM10.

Fuente: La presente investigación

Además de la variable fuentes de emisión, se indagó sobre la relación de las concentraciones de PM₁₀ y los fenómenos meteorológicos.

Es el caso de Mosquera & García (2007), investigadores que establecieron correlaciones de la velocidad del viento, temperatura y precipitación con el PM₁₀.

En la localidad de Fontibón ellos encontraron los siguientes datos **Tabla 18**:

Tabla 18

Correlaciones con Material Particulado en Fontibón

Estadístico	Factores Meteorológicos	Material Particulado
Correlación de Pearson	Velocidad del viento	-0.21*
	Temperatura	-0.08
	Precipitación	-0.09
Sig (bilateral)	Velocidad del viento	0.03
	Temperatura	0.4
	Precipitación	0.37

*La correlación es significativa al nivel 0.05 (Bilateral)

Fuente: Adaptado de Mosquera & García (2007).

En este estudio concluyeron que por cada unidad en la que aumente la velocidad del viento el PM_{10} disminuirá un $6.096 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto significa que hay mayor dispersión de contaminantes y reducción de la concentración de PM_{10} (Mosquera & García, 2007).

En este estudio fijaron otro punto de muestreo en Puente Aranda, que arrojó las siguientes correlaciones **Tabla 19**.

Tabla 19

Correlaciones con Material Particulado en Puente Aranda

Estadístico	Factores Meteorológicos	Material Particulado
Correlación de Pearson	Velocidad del viento	-0.56**
	Temperatura	-0.18
	Precipitación	0.34**
Sig (bilateral)	Velocidad del viento	0
	Temperatura	0.07
	Precipitación	0

**La correlación es significativa a nivel 0.01 (bilateral)

Fuente: Adaptado de Mosquera & García (2007).

Mosquera & García (2007) afirman que los niveles de PM_{10} en Puente Aranda disminuirán en $26.822 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por cada unidad en la que aumente la velocidad del viento.

Gaitán et al. (2007) confirman lo dicho por Mosquera & García (2010), ya que aseguran que entre mayor sea la velocidad del viento, la concentración de PM_{10} , será menor, como lo evidencia la siguiente imagen **Figura 23**.

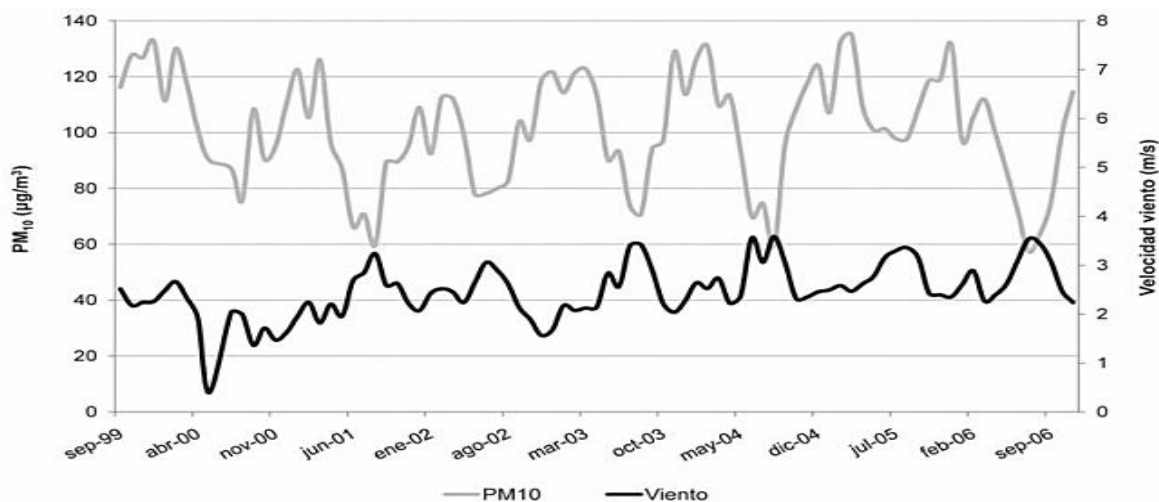


Figura 23. PM_{10} vs Viento.

Fuente: (Gaitán et al., 2007).

Por otro lado, en la investigación análisis del origen de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Bogotá D.C. gráficos polares determinaron que las estaciones Kennedy y Carvajal reportaron concentraciones de alrededor de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Fontibón, Puente Aranda y Tunal $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, asociadas a bajas velocidades del viento, indicando una influencia de fuentes locales. Sin embargo, para las estaciones Kennedy y Carvajal, se presentaron valores más elevados, de entre 120 y $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cuando se registraron vientos del oeste con velocidades superiores a 5 m/s , lo cual sugiere una influencia significativa de fuentes regionales. De manera similar, los valores máximos en Puente Aranda y Tunal, del orden de 80 a $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se presentaron cuando se registraron vientos con altas velocidades procedentes de las direcciones oeste y oeste-noroeste. (García & Rojas, 2016).

Palacio et al. (2014) concluyeron en un análisis de Puente Aranda que los resultados demostraron una correlación positiva entre el contaminante y la velocidad del viento.

Blanco, Gáfaró & Rojas (2015), analizaron el comportamiento del PM_{10} en horas lluviosas e hicieron relaciones entre humedad relativa y precipitación. De lo que concluyeron que el PM_{10} disminuye cuando hay mayor precipitación. Además, aseguran que la precipitación tiene la

capacidad de reducir el PM_{10} , pero no el $PM_{2.5}$, que puede estar fuertemente relacionado a la morbilidad y mortalidad por enfermedades cardio-respiratorias en épocas de lluvia (Blanco, Gáfaró & Rojas, 2015).

Los autores, Mosquera & García (2007); Gaitán et al. (2007); García & Rojas (2016) y Palacio et al. (2014) aseguran que entre mayor sea la velocidad del viento, es mayor la dispersión de PM_{10} y por lo tanto hay una menor concentración de dicho contaminante, es decir, que el 80 % de estos estudios llegan a la misma conclusión. El 20 % restante corresponde al estudio de los investigadores Blanco, Gáfaró & Rojas (2015) que incluyen a la precipitación como variable meteorológica que disminuye los niveles de PM_{10} , como se muestra a continuación **Figura 24**.

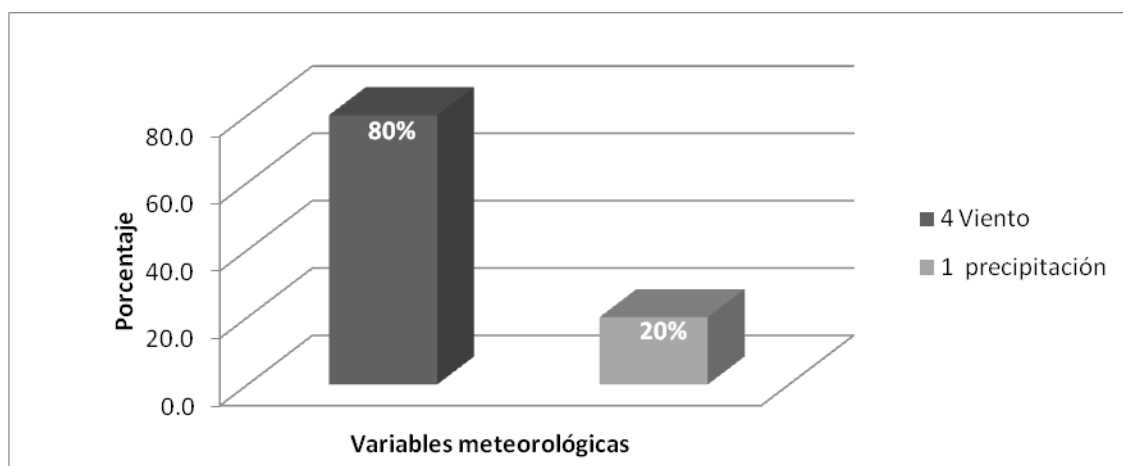


Figura 24. Porcentaje de estudios y variables que reducen el PM_{10} .

Fuente: La presente investigación

Palacio et al. (2014), determinaron que la radiación solar y la temperatura, producen un fenómeno de inversión térmica, en donde la concentración de PM_{10} aumenta. Así mismo, Blanco, Gáfaró & Rojas (2015) analizaron el comportamiento del PM_{10} en horas lluviosas y las compararon con días secos; además, hicieron relaciones entre humedad relativa, temperatura y precipitación. De lo que concluyeron que el PM_{10} aumenta en tiempo seco y cuando hay menor precipitación. El estudio de García & Rojas (2016) sugiere que las mediciones realizadas en

2009-2011, fueron más altas las concentraciones de PM en el 2010 que en el 2009 y 2011, comportamiento que fue asociado a altas temperaturas.

Mientras Zafra, Ángel & Torres (2017) analizaron la relación del PM₁₀ y la estabilidad atmosférica con datos recolectados de Kennedy, la zona Norte de la ciudad y Barrios Unidos. Los investigadores definieron que entre mayor sea la inestabilidad atmosférica mayores concentraciones de PM₁₀ se presentan y que especialmente esto sucede en horas de 6:00 a.m. a 8:00 p.m.

Tanto García & Rojas (2016) como Palacio et al. (2014), los investigadores Blanco, Gáfaró & Rojas, 2015), concuerdan en que las concentraciones de PM₁₀ son mayores en tiempo seco, (ver **Figura 25**).

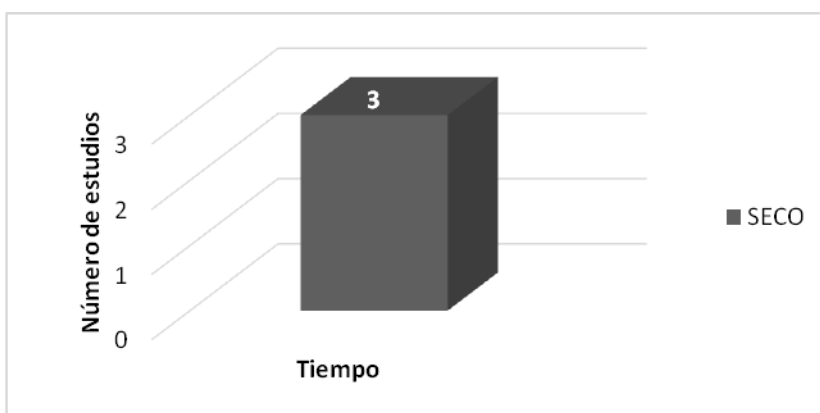


Figura 25. Estudios que afirman mayor nivel de PM10 en tiempo seco.

Fuente: La presente investigación

Conclusiones

Siete estudios relacionados en la presente monografía establecen que en niños menores de cinco años la principal afección a presentar es ERA (Enfermedad Respiratoria Aguda), siendo un 44.4 % el asma, un 22.2 % la rinitis y un 22.2% la neumonía.

Se identificaron otros factores que influyen en la aparición de enfermedades respiratorias en niños menores de cinco (5) años, a parte de las concentraciones de PM₁₀, como lo son: la desnutrición, tener animales domésticos en la vivienda, estar expuesto a humo de cigarrillo, vivir en un área usada para cocinar y vivir en lugares cercanos a industrias o vías.

De los estudios realizados bajo la Resolución 601 de 2006 se encontraron tres (3) estudios en la localidad de Puente Aranda, de los cuales dos (2) establecen que hay cumplimiento de la norma diaria y uno (1) establece que no se cumple con los valores anuales permitidos en dicha resolución. En la localidad de Kennedy un (1) estudio definió que se cumplió con los valores diarios de PM₁₀ y hubo otro estudio que estableció que los valores anuales no se cumplieron.

De los estudios realizados bajo la Resolución 610 de 2010 se concluye que en Puente Aranda no se cumple con los valores diarios permitidos según un estudio de la (SDA, 2016). Para la localidad de Kennedy un (1) estudio estableció que el valor anual de PM₁₀ permitido es superado y en el caso de Suba hay un (1) estudio que establece que si se cumple la norma legal vigente y otro estudio que afirma lo contrario. Además, en la localidad de Suba un estudio del IDEAM (2012) tuvo en cuenta valores de los años 2007 a 2010, en los que se determinó que los valores anuales en Suba fueron superiores a los de las dos resoluciones.

De los estudios consultados en la presente monografía, se concluye que las fuentes que más impactan la calidad de aire son las fuentes móviles que incluyen motos, automóviles, buses, busetas, colectivos, camiones, vehículos de carga pesada en general y transporte

masivo como el Transmilenio. Lo anterior se confirma con los siete (7) estudios encontrados, en los que el 75 % afirman que la principal fuente de emisión de PM_{10} son las fuentes móviles y el 25 % restante, aseguran que son las fuentes fijas.

El 80 % de los estudios concuerdan en que la velocidad del viento es la variable meteorológica que más dispersa al PM_{10} . Y el otro 20 % de los estudios consultados, incluye a la precipitación como variable meteorológica que disminuye las concentraciones de PM_{10} .

Se encontró tres investigaciones en las que se estableció que las concentraciones de PM_{10} aumentan en días secos.

La Resolución 610 de 2010 mostró un avance frente a los límites de emisión permitidos en la resolución 601 de 2006 para el PM_{10} , sin embargo, los límites permisibles en la norma vigente son laxos en comparación con lo definido por la OMS, ya que la norma colombiana permite $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales y $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diarios; mientras, la OMS fijó límites de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diarios.

De acuerdo con los resultados de esta monografía se establece que el peor escenario para niños menores de 5 años es vivir o pasar gran parte del día en localidades como Kennedy, Puente Aranda y Suba, en sectores cercanos a vías, en periodos de sequía como son los meses de noviembre y diciembre, lo que generaría a una mayor incidencia de ERA.

REFERENCIAS

- Alarma en Bogotá por aumento de casos de enfermedades respiratorias en niños. (2016). Caracol Radio. 19 Mayo 2016, Recuperado de http://caracol.com.co/emisora/2016/04/01/bogota/1459511806_020925.html
- AEMA. (2013). Agencia Europea de Medio Ambiente. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/es/publications/senales-2013-cada-vez-que-respiramos>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). saludcapital. Recuperado de http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Boletines%20temticos/ERA/2016/Comportamiento_ERA/ANALISIS_DE_TEMPORALIDA_ERA_2013_2016.pdf
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). saludcapital. Recuperado de http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Boletines%20temticos/ERA/2016/Comportamiento_ERA/ANALISIS_DE_TEMPORALIDA_ERA_2013_2016.pdf
- Aldunate, P., Paz, O., & Halvorsen, K. (2006). Los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre la salud ciudad de La Paz – Bolivia (3650 m.s.n.m.). (Tesis Universidad Católica Boliviana). Recuperado de <http://ucbconocimiento.ucbcba.edu.bo/index.php/ran/article/viewFile/117/112>
- Cámara de Comercio de Bogotá, Universidad de los Andes (2014). *Observatorio de Movilidad 2013*. Bogotá. Recuperado de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K6Kr3HHKyVMJ:https://www.ccb.org.co/content/download/4646/57496/file/Observat+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>

Cárdenas Franco, H A; (2009). Consideraciones del material particulado en Bogotá.

Alternativas tecnológicas de medición de la calidad del aire. *Tecnura*, 13(25) 104-115.

Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257020617010>

Chamarravi Guerra, O., & Saavedra Calixto, G. (14 de Agosto de 2013). Universidad de

Manizales. Recuperado de

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/691/EVALUACION%20DEL%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20GENERADO%20POR%20LA%20EMISION%20DE%20GASES%20EN%20MOTORES%20QUE%20UTILIZAN%20COMPLEMENTOS%20LUBRICANTES%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20BOGOTA>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). DANE. Recuperado de

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Boletin_Tecnico_ECV_2016.pdf

Departamento Nacional de Planeación. (7 de mayo de 2017). DNP. Recuperado de

[https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradacion-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-\\$20,7-billones-.aspx](https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradacion-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-$20,7-billones-.aspx)

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (24 de marzo de 2010).

(Resolución N° 610). Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39330>

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (5 de Junio de 2008). (Resolución

N° 909). Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=31425>

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (de Junio de 2008). (Resolución N°

910). Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=31146>

- El Ministerio de Salud. (2 de Agosto de 1983). (Decreto N° 2206). Recuperado de http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto2206_19830802.htm
- Franco R, J. (2012). Contaminación Atmosférica en Centros Urbanos. Desafío para Lograr su Sostenibilidad: Caso de Estudio Bogotá. *Scielo.org.co*. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a13.pdf>
- Franco, J., Rójas, N., Sarmiento, O., Hernández, L., Zapáta, E., Maldonado, A., Matíz, L. y Behrentz, E. (2009). Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto. *Redalyc*. (49), 101-111. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/430/43019324010.pdf>
- Gaitán, M., Cancino, J. y Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. *Scielo*. (26), 82. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a11.pdf>
- García Ávila, P., & Rojas, N. (2016). Análisis del origen de PM10 Y PM 2.5 en Bogotá usando gráficos polares. *researchgate*.. 6(2) 47-58. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/309144701_Analisis_del_origen_de_PM10_y_PM25_en_Bogota_graficos_polares
- García-Ubaque ,Juan C., García-Ubaque César, A., & Vaca-Bohórquez, Martha L.. (2013). Consulta médica en población en edad productiva y contaminación atmosférica en Bogotá: 2008 y 2010. *Revista de Salud Pública*, 15(4), 543-551. Recuperado de [http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642013000400001&lng=en&tlng=.](http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642013000400001&lng=en&tlng=)
- Garrido, A., & Camargo, Y. (2012). Partículas respirables en el aire: generalidades y monitoreo en Latinoamérica. *INGE CUC*. 8(1), 293-312. Recuperado de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:H2DWBqztp3gJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4869009.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>

- Hernández Flórez, L., Aristizabal Duque, G., Quiroz, L., Medina, K., Rodríguez Moreno, N., Sarmiento, R. y Osorio García, S. (2013). Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007. *Revista salud publica*. 15(4), 503-516. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v15n4/v15n4a02.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2012). Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDELAIREWEB.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2016). IDEAM. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023637/Informe_del_Estado_de_la_Calidad_del_Aire_en_Colombia_2011-2015_vfinal.pdf
- Leon, M. (3 de mayo de 2015). El clima de Bogotá. Recuperado de <http://www.bogota.gov.co/ciudad/clima>
- Medina López, C., Martín García, J., & Alfalla Luque, R. (2016). Una Propuesta Metodologica para la Realizacion de Busquedas Sistematicas de Bibliografia. *UPV*. 1(2), 13-30. Recuperado de http://www.upv.es/i.grup/repositorio/own/ART_2010%20medina-Marin-Alfalla-%20WPOM%20revisiones%20biblio-Submiss_final.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (02 de septiembre de 2013). Minambiente. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/fuentes_moviles/Resoluci%C3%B3n_1111_de_201

3_-_Modifica_parcialmente_Resoluci%C3%B3n__910_de_2008.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (21 de enero de 2002). (Resolución N° 058). Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14363>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (4 de Abril de 2006). Resolución 601 de 2006. Recuperado de

<http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/59->

[Resoluci%C3%B3n%20601%20de%202006%20-%20calidad%20del%20aire.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/59-Resoluci%C3%B3n%20601%20de%202006%20-%20calidad%20del%20aire.pdf)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (5 de junio de 2008). Minambiente.

Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0->

[Resoluci%C3%B3n%20909%20de%202008%20%20-](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resoluci%C3%B3n%20909%20de%202008%20%20-)

[%20Normas%20y%20estandares%20de%20emisi%C3%B3n%20Fuentes%20fijas.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-%20Normas%20y%20estandares%20de%20emisi%C3%B3n%20Fuentes%20fijas.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. (23 de Agosto de 1995). (Resolución N° 898). Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15717>

Ministerio de Transporte. (9 de enero de 1996). (Resolución N° 005). Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=20677>

Montoya Rendón, M. L., Zapata Saldarriaga, P. M., & Correa Ochoa, M. A. (2012 de Octubre de 2012). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/38466/62075>

Montoya Rendón, M. L., Zapata Saldarriaga, P. M., & Correa Ochoa, M. A. (2012 de Octubre de 2012). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/38466/62075>

Morales, P. (6 de abril de 2016). Pese a tener metro y tranvía, Medellín sufre por la contaminación. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16555834>

- Mosquera Cerquera, C. y Garcia Montaña, N. (2007). Asociación entre la morbilidad por enfermedad respiratoria y contaminantes atmosféricos (PM10, NO2 y O3) en Fontibón y Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C. (Trabajo de Grado) Universidad de la Salle. Bogotá D.C. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14094/T41.08%20M855a.pdf;jsessionid=B7F33CC9B61736B8A37B9088E3ACD208?sequence=1>
- Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. (2017). exteriores. Recuperado de http://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/COLOMBIA_FICHA%20PAIS.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (15 de marzo de 2016). *Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Organización Mundial De La Salud. (s.f). Temas de la Salud Mortalidad. Recuperado el 2016, de <http://www.who.int/topics/mortality/es/>
- Ortiz-Durán, Edison Y., & Rojas-Roa, Néstor Y.. (2013). Estimación de los beneficios económicos en salud asociados a la reducción de PM10 en Bogotá. *Revista de Salud Pública*, 15(1), 90-102. Recuperado de http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642013000100009&lng=en&tlng=es.
- Pachón, J., Behrentz, E. y Rojas, N. (2012). Challenges in Bogotá Air Quality: Policies y Technology. Recuperado de http://www.ing.unal.edu.co/grupos/calidad_aire/doc/eventos/0058airqualityinbogota.pdf

- Pachón, Jorge Eduardo, & Sarmiento Vela, Hugo. (2008). Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (43), 120-133. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302008000100011&lng=en&tlng=es.
- Palacio Soto, Daniel Fabián., Zafra Mejía, Carlos Alfonso., & Rodríguez Miranda, Juan Pablo. (2014). Evaluación de la calidad del aire mediante un laboratorio móvil: Puente Aranda (Bogotá D.C., Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (71), 153-166. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302014000200014&lng=en&tlng=es.
- Peñaloza Pabón, N. (2010). Distribucion Espacial y Temporal del Inventario de Emisiones Provenientes de las Fuentes Moviles y Fijas de la Ciudad de Bogota, D.C. (Tesis de maestria) Universidad Nacional de Colombia sede Bogota, Bogota. recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3903/1/nelsoneduardopenalozapabon.2010.pdf>
- Perez Fadul, L. y Hernández Hernández, L. (2006). Determinacion de Metales Pesados en Particulas Respirables e Identificacion de Fuentes de Emision, a Partir de un Muestreo Atmosferico en la Localidad de Puente Aranda en la Ciudad de Bogota. (Tesis de Grado). Universidad de la Salle. Bogota. recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14803/00798274.pdf?sequence=1>
- Piergallini, A. C. (9 de mayo de 2008). Universidad Abierta Interamericana. Recuperado de <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC081087.pdf>
- Presidente de la República de Colombia. (11 de enero de 1982). (Decreto N° 2 de 1982). Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21973>

Presidente de la República de Colombia. (5 de Junio de 1995). (Decreto N° 948). Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1479>

Presidente de la República de Colombia. 18 de Diciembre de 1974. (Decreto N° 2811).

Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>

Ramírez, O; Sánchez de la Campa, AM; Amato, F; Catacolí, R; Rojas, N; de la Rosa, J. (2017).

Environmental Pollution. Chemical composition and source apportionment of PM10 at an urban background site in a high–altitude Latin American megacity (Bogota, Colombia), volumen 233. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117325435>

Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, (s.f). ¿Qué es el PM10 o material particulado respirable?. Recuperado de <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/article-43790.html>

Rodríguez Acosta, Sandra Milena, & García Torres, David Arturo. (2015). Salud y Medio

Ambiente: estrategias metodológicas para valorar el impacto de los daños ambientales sobre la salud. *Revista Salud Uninorte*, 31(2), 367-384. Recuperado de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522015000200016&lng=en&tlng=.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522015000200016&lng=en&tlng=)

Rodríguez Moreno, N., Martínez Morales, V., Sarmiento Suarez, R., Medina Palacios, K. y

Hernández, L. (2012). Factores de riesgo para enfermedad respiratoria en población de 5 a 14 años de una Localidad de Bogotá, 2012-2013. *Revista salud pública*. 15(3), 408-420. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v15n3/v15n3a08.pdf>

Rojas, N. (2004). Revisión de las Emisiones de Material Particulado por la Combustión de

Diesel y Biodiesel. *Revista de Ingeniería*. (20), 58.68. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1210/121014220007.pdf>

- Rojas, Néstor, & Galvis, Boris. (2005). Relación entre PM2.5 y PM10 en la ciudad de Bogotá. *Revista de Ingeniería*, (22), 54-60. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932005000200006&lng=en&tlng=es.
- Romero Lankao, P., Quin, H., y Borbor Cordova, M. (2013). Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. *Social Science & Medicine*, 83, 110-118. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953613000300>
- Ruiz Ramos, C. F. (Julio de 2006). Secretaría Distrital de Ambiente. Recuperado de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/caracterizacion-del-material-particulado-en-las-principales-vias-del-transporte-publico-colectivo-y-masivo-del-centro-de>
- Sanchez Caraballo, J. (2012). Características fisicoquímicas de los gases y partículas contaminantes del aire. Su impacto en el asma. *Latreia* 25(4), 369-379. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/iat/v25n4/v25n4a07.pdf>
- Secretaría de Movilidad. (2015). Movilidad Bogotá. Recuperado de http://www.movilidadbogota.gov.co/web/SIMUR/ARCHIVOS/Movilidad_Cifras_2015_V4_marzo2017.pdf
- Secretaria Distrital de Ambiente,. Estaciones RMCAB. (2013). Características generales de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá y parámetros medidos en cada una de ellas a 2013. Recuperado de <http://ambientebogota.gov.co/web/sda/estaciones-rmcab>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. Recuperado de http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-

912a-51a5822da320&groupId=55886

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2013). Recuperado de

<http://ambientebogota.gov.co/web/sda/red-de-calidad-del-aire>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2015). Informe anual de calidad de aire en Bogotá.

Recuperado de <http://201.245.192.252:81/>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2016). Informe anual de calidad de aire en Bogotá.

Recuperado de <http://201.245.192.252:81/>

Secretaría Distrital de Planeación. (2009). SDP. Recuperado de

http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/ciudadania/Publicaciones_SDP/21_bogota_%20D_C_monografia_jul_2009.pdf

Secretaría Distrital de Planeación. (2009). SDP. Recuperado de

<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionEnLinea/InformacionDescargableUPZs/Localidad%2016%20Puente%20Aranda/Monografia/16%20Localidad%20de%20Puente%20Aranda.pdf>

Secretaría Distrital de Planeación. (2011). SDP. Recuperado de

<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionEnLinea/InformacionDescargableUPZs/Localidad%209%20Fontibon%20monografia/9%20Fontibon%20monografia%202011.pdf>

Secretaría Distrital de Salud. (2016). Min Salud. Recuperado de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-distrital-2015-bogota.pdf>

Soto Duque, J., & Sellamén Garzón, A. (2011). Creacion de una Carga Impositiva por

Contaminacion Ambiental para el Sector Vehicular de Servicio Publico Colectivo en la Ciudad de Bogota. Proquest, 9(14), 229-256. Recuperado de

<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2063/docview/950706116/fulltextPDF/E2E1CA279B>

67407CPQ/1?accountid=48784

Toca Torres, Claudia Eugenia. (2011). Impacto ambiental empresarial y fallas de la acción pública: una realidad de las localidades bogotanas. *Argos*, 28(54), 244-269.

Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-16372011000100010&lng=es&tlng=es.

Torres, G. (2016). BBC Mundo. *¿Cuál es la sorprendente "ciudad más contaminada" de América Latina?*. Recuperado de

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/05/160513_ciencia_ciudad_mas_contaminada_america_latina_gtg

Tyler, N., Ramirez, C., Acevedo Bohórquez, J., Bocarejo Suescún, J., Velásquez, J., Peroza Daza, A. y Galarza, D. (2013). *Caracterización de la contaminación atmosférica en*

Colombia. Recuperado de <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia.pdf>

UNAD. (2016). Recuperado de <https://academia.unad.edu.co/estudiantes-servicios>

Vargas, F., Rojas, N., Pachón, J. y Russell, A. (2012). PM₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota. *Atmospheric Pollution Research*. 3(1), 72-80. Recuperado de:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104215304566>

Vargas, Freddy A, & Rojas, Néstor Y. (2010). Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá. *Ingeniería e Investigación*.

30(2), 105-115. Recuperado de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092010000200011&lng=en&tlng=es.

- Vargas, Sandra, Onatra, William, Osorno, Lucia, Páez, Eduardo, y Sáenz, Orlando. (2008). Contaminacion Atmosferica y Efectos Respiratorios en Niños, en Mujeres Embarazadas y en Adultos Mayores. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 11(1), 31-45. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262008000100006&lng=en&tlng=es.
- Vásquez, J., Salas, J., Pérez, R., y Montes, M. (2014). Salud respiratoria en América Latina: número de especialistas y formación de recursos humanos. *Archivos de Bronconeumología*. Recuperado de <http://www.archbronconeumol.org/es/salud-respiratoria-america-latina-numero/articulo/90265209/>
- Zafra, C., Ángel, Y., y Torres, E. (2017). ARIMA analysis of the effect of land surface coverage on PM10 concentrations in a high-altitude megacity. *Atmospheric Pollution Research*. 8(4), 660-668. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104216305098>

APÉNDICES

APÉNDICE A. Enfermedades respiratorias por efectos de concentración de PM₁₀ en niños menores de 5 años.

Con las anteriores palabras de búsqueda se encontró nueve (09) documentos que tienen gran potencial para la investigación, dichos documentos se presentan a continuación:

Línea de Investigación		Enfermedades respiratorias	
No	Fuente	Nombre	Referencia
1	Universidad de la Salle	Asociación entre la morbilidad por enfermedad respiratoria y contaminantes atmosféricos (PM ₁₀ , NO ₂ y O ₃) en Fontibón y Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C	Mosquera Cerquera, C. & Garcia Montaña, N. (2007). Asociación entre la morbilidad por enfermedad respiratoria y contaminantes atmosféricos (PM ₁₀ , NO ₂ y O ₃) en Fontibón y Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C. (Trabajo de Grado) Universidad de la Salle. Bogotá D.C. Recuperado de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14094/T41.08%20M855a.pdf;jsessionid=B7F33CC9B61736B8A37B9088E3ACD208?sequence=1

-
- Rodríguez Acosta, Sandra Milena, & García Torres, David Arturo. (2015). Salud y Medio Ambiente: estrategias metodológicas para valorar el impacto de los daños ambientales sobre la salud. *Revista Salud y Medio Ambiente: Ambiente: estrategias metodológicas para valorar el impacto de los daños ambientales sobre la salud*, 31(2), 367-384. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522015000200016&lng=en&tlng=.
-
- Romero Lankao, P., Quin, H., & Borbor Cordova, M. (2013). Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. *Social Science & Medicine*, 83, 110-118. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953613000300>
-
- Sánchez Caraballo, J. (2012). Características fisicoquímicas de los gases y partículas contaminantes del aire. Su impacto en el asma. *Latreia* 25(4), 369-379. Recuperado de
-

-
- 5 Scielo Vargas, Sandra, Onatra, William, Osorno, Lucia, Páez, Eduardo, & Sáenz, Orlando. (2008). Contaminación Atmosférica y Efectos Respiratorios en Niños, en Mujeres Embarazadas y en Adultos Mayores. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 11(1), 31-45. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262008000100006&lng=en&tlng=es.
-
- 6 Scielo Rodríguez Moreno, N., Martínez Morales, V., Sarmiento Suarez, R., Medina Palacios, K. y Hernández, L. (2012). Factores de riesgo para enfermedad respiratoria en población de 5 a 14 años de una Localidad de Bogotá, 2012-2013. Revista salud pública. 15(3), 408-420. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v15n3/v15n3a08.pdf>
-
- 7 Scielo Hernández Flórez, L., Aristizabal Duque, G., Quiroz, L., Medina, K., Rodríguez Moreno, N., Sarmiento, R. & Osorio García, S. (2013). Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007
-

		cinco años de Bogotá, 2007. Revista salud pública. 15(4), 503-516. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v15n4/v15n4a02.pdf
8	Alcaldía Mayor de Bogotá	Análisis de la temporalidad de la enfermedad respiratoria aguda en el primer semestre del 2013 al 2016 en Bogotá D. C. Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). Salud capital. Obtenido de http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Boletines%20temticos/ERA/2016/Comportamiento_ERA/ANALISIS_DE_TEMPORALIDA_ER_A_2013_2016.pdf
9	Secretaría de Salud	Documento de Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud para el Distrito Capital Secretaría Distrital de Salud. (2016). Min Salud. Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-distrital-2015-bogota.pdf

APÉNDICE B. Localidades con mayores concentraciones de PM₁₀ en Bogotá.

Con estos términos de búsqueda se halló diez (10) informaciones.

A continuación, se muestra el listado de la información hallada:

Línea de Investigación		Localidades	
No	Fuente	Nombre	Referencia
1	Scielo	Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia	Pachón, Jorge Eduardo, & Sarmiento Vela, Hugo. (2008). Análisis espacio-temporal de la concentración de metales pesados en la localidad de Puente Aranda de Bogotá-Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (43), 120-133. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302008000100011&lng=en&tling=es .
2	Scielo	Evaluación de la calidad del aire mediante un laboratorio móvil: Puente Aranda (Bogotá D.C., Colombia)	Palacio Soto, Daniel Fabián., Zafra Mejía, Carlos Alfonso., & Rodríguez Miranda, Juan Pablo. (2014). Evaluación de la calidad del aire mediante un laboratorio móvil: Puente Aranda (Bogotá D.C., Colombia). Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (71), 153-166. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci

			_arttext&pid=S0120-62302014000200014&lng=en&tlng=es.
3	Secretaría Distrital de Ambiente	Informe anual de calidad de aire en Bogotá	Secretaría Distrital de Ambiente. (2016). Informe anual de calidad de aire en Bogotá. Recuperado de http://201.245.192.252:81/
4	Scielo	Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá	Gaitán, M., Cancino, J. y Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. Scielo. (26), 82. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a11.pdf
5	Science Direct	PM ₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota	Vargas, F., Rojas, N., Pachón, J. y Russell, A. (2012). PM ₁₀ characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota. Atmospheric Pollution Research. 3(1), 72-80. Recuperado de http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104215304566 .
6	Universidad de ANDES	Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia	Tyler, N., Ramirez, C., Acevedo Bohórquez, J., Bocarejo Suescún, J., Velásquez, J., Peroza Daza, A. y Galarza, D. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia. Recuperado de https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-

		de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia.pdf
7	IDEAM	<p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2012). Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDELAIREWEB.pdf</p>
8	CCB Y Universidad de los ANDES	<p>Cámara de Comercio de Bogotá, Universidad de los Andes (2014). Observatorio de Movilidad 2013. Recuperado de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K6Kr3HHKyVMJ:https://www.ccb.org.co/content/download/4646/57496/file/Observat+%&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co</p>
9	Secretaría Distrital de Ambiente	<p>Ruiz Ramos, C. (2006). Caracterización del material particulado en las principales vías del transporte público colectivo y masivo del centro de Bogotá. Recuperado de http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/caracterizacion-del-material-</p>

particulado-en-las-principales-vias-del-
transporte-publico-colectivo-y-masivo-del-
centro-de

Secretaría		Secretaría Distrital de Ambiente. (2015).
10	Distrital de	Informe anual de calidad de
	Ambiente	aire en Bogotá
		Informe anual de calidad de aire en Bogotá.
		Recuperado de http://201.245.192.252:81/

APÉNDICE C. Principales fuentes generadoras de PM₁₀ en la ciudad de Bogotá.

Se halló ocho (08) documentos relacionados a principales fuentes generadoras de PM₁₀ en la ciudad de Bogotá.

Línea de Investigación		Fuentes de generación	
No	Fuente	Nombre	Referencia
1	Redalyc	Revisión de las Emisiones de Material Particulado por la Combustión de Diésel y Biodiésel	Rojas, N. (2004). Revisión de las Emisiones de Material Particulado por la Combustión de Diésel y Biodiésel. Revista de Ingeniería. (20), 58.68. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/1210/121014220007.pdf
2	Redalyc	Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto	Franco, J., Rojas, N., Sarmiento, O., Hernández, L., Zapata, E., Maldonado, A., Matíz, L. y Behrentz, E. (2009). Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto. Redalyc. (49), 101-111. Recuperado de: http://www.redalyc.org/pdf/430/43019324010.pdf

-
- 3 Redalyc Consideraciones del material particulado en Bogotá. Alternativas tecnológicas de medición de la calidad del aire. Tecnura, 13(25) 104-115. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257020617010>
-
- 4 Universidad Nacional de Colombia Distribución Espacial y Temporal del Inventario de Emisiones Provenientes de las Fuentes Móviles y Fijas de la Ciudad de Bogotá, D.C (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Bogotá. recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3903/1/nelsoneduardopenalozapabon.2010.pdf>
-

-
- 7 Secretaria Plan Decenal de
Distrital de Descontaminación del Aire
Ambiente para Bogotá
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. Recuperado de http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886
-
- 8 Secretaria
Distrital de Documento Técnico de
Ambiente Soporte Modificación del
Decreto 98 de 2011
- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2017). Ambiente Bogotá. Recuperado de http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=d134928c-8756-4a69-ad18-ff09bb822fef&groupId=3564131
-

APÉNDICE D. Fenómenos meteorológicos que interfieren en concentraciones de PM₁₀.

Las informaciones encontradas con el anterior término de búsqueda fueron cinco (5), en la siguiente tabla se observan los datos de las mismas.

Línea de Investigación		Fenómenos meteorológicos	
No	Fuente	Nombre	Referencia
1	Universidad de la Salle	Asociación entre la enfermedad respiratoria y contaminantes atmosféricos (PM10, NO2 y O3) en Fontibón y Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C.	Mosquera Cerquera, C. y Garcia Montaño, N. (2007). Asociación entre la morbilidad por enfermedad respiratoria y contaminantes atmosféricos (PM10, NO2 y O3) en Fontibón y Puente Aranda de la ciudad de Bogotá D.C. (Trabajo de Grado) Universidad de la Salle. Recuperado de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14094/T41.08%20M855a.pdf;jsessionid=B7F33CC9B61736B8A37B9088E3ACD208?sequence=1
2	Scielo	Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá	Gaitán, M., Cancino, J. & Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. Scielo. (26), 82. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a11.pdf

-
- 3 Research gate Análisis del origen de PM10 y PM 2.5 en Bogotá usando gráficos polares García Ávila, P., & Rojas, N. (2016). Análisis del origen de PM10 y PM 2.5 en Bogotá usando gráficos polares. *Researchgate*.. 6(2) 47-58. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/309144701_Analisis_del_origen_de_PM10_y_PM25_en_Bogota_graficos_polares
-
- 4 Scielo Evaluación de la calidad del aire mediante un laboratorio móvil: Puente Aranda (Bogotá D.C., Colombia) Palacio Soto, Daniel Fabián., Zafra Mejía, Carlos Alfonso., & Rodríguez Miranda, Juan Pablo. (2014). Evaluación de la calidad del aire mediante un laboratorio móvil: Puente Aranda (Bogotá D.C., Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (71), 153-166. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302014000200014&lng=en&tlng=es.
-
- 5 Blanco, Gáfar y Rojas, (2015), Influence of precipitation scavenging on the PM2.5/PM10 ratio at the Kennedy locality of Bogotá, Colombia. Blanco-Becerra, Luis Camilo, Gáfar-Rojas, Aurora Inés, & Rojas-Roa, Néstor Yezid. (2015). Influence of precipitation scavenging on the PM2.5/PM10 ratio at the Kennedy locality of Bogotá, Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (76), 58-65. <https://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.n7>
-

6a07

- 6 ARIMA analysis of the effect of land surface coverage on PM10 concentrations in a high-altitude megacity. *Atmospheric Pollution Research*. 8(4), 660-668. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104216305098>
-