



INFORME DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA 2016

 MINAMBIENTE

 GOBIERNO DE COLOMBIA

 IDEAM
INSTITUTO DE ENVIRONMENTAL
METEOROLOGÍA Y
CLIMATOLOGÍA

Juan Manuel Santos Calderón

Presidente de la República de Colombia

Luis Gilberto Murillo Urrutia

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Carlos Alberto Botero López

Viceministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Omar Franco Torres

Director General

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

Diana Marcela Vargas Galvis

Subdirectora de Estudios Ambientales - IDEAM

Producción técnica y editorial

Leonardo Alfredo Pineda Pardo

Profesional Especializado – Líder temático Calidad del Aire - Subdirección de Estudios Ambientales – IDEAM

Oscar Julián Guerrero Molina

Contratista – Apoyo temático y estadístico Calidad del Aire - Subdirección de Estudios Ambientales – IDEAM

Ana María Hernández Hernández

Coordinadora Grupo de Seguimiento a la Sostenibilidad del Desarrollo - Subdirección de Estudios

Ambientales – IDEAM

Diseño de portada y diagramación

Grupo de Comunicaciones – IDEAM

Leonardo Alfredo Pineda Pardo – IDEAM

Fotografía de la carátula

Leonardo Alfredo Pineda Pardo – Maní, Casanare

Cítese como

IDEAM, Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2016. Bogotá, D.C., 2017.

2017, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el IDEAM.

Publicación aprobada por el IDEAM. Diciembre de 2017, Bogotá D.C., Colombia - Distribución Gratuita.

ISBN: 978-958-8067-88-9

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

OMAR FRANCO TORRES
Director General – IDEAM

ADRIANA PORTILLO TRUJILLO
Secretaria General – IDEAM

CONSEJO DIRECTIVO

LUIS GILBERTO MURILLO
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible
GERMAN CARDONA GUTIÉRREZ
Ministro de Transporte

LUIS FERNANDO MEJÍA
Director, Departamento Nacional de Planeación- DNP
MAURICIO PERFFETI DEL CORRAL
Director, Departamento Nacional de Estadísticas-DANE
JUAN PABLO RUIZ SOTO
Delegado, Presidencia de la República

RAMÓN LEAL LEAL
Director Ejecutivo, Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible –ASOCARS
CÉSAR OCAMPO RODRÍGUEZ
Director General, Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS

DIRECTIVAS

OMAR FRANCO TORRES
Director General
ADRIANA JAZMÍN PORTILLO TRUJILLO
Secretaria General

| | |
|---|---|
| DIANA MARCELA VARGAS GALVIS Subdirectora de Estudios Ambientales | DIANA QUIMBAY VALENCIA Jefe Oficina Cooperación Internacional |
| MARÍA TERESA BECERRA RAMÍREZ Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental | IVONNE MARITZA VARGAS PADILLA Coordinadora Grupo de Comunicaciones |
| NELSON OMAR VARGAS MARTÍNEZ Subdirector de Hidrología | SANDRA MILENA SANJUAN ACERO Coordinadora Grupo de Contabilidad |
| YADIRA CÁRDENAS POSSO Subdirectora de Meteorología | JANNETH ANDREA SABOGAL PORTILLA Coordinadora Grupo de Presupuesto |
| CHRISTIAN FELIPE EUSCATEGUI COLLAZOS Jefe Oficina Pronósticos y Alertas | MÓNICA YOLANDA ALAYÓN MADERO Coordinadora Grupo de Tesorería |
| JUAN CARLOS ARTURO LOBO TORRES Jefe Oficina Asesora de Planeación | TERESITA DE JESÚS PABA LIZARAZO Coordinadora Grupo de Control Disciplinario Interno |
| LEONARDO CÁRDENAS CHITIVA Jefe Oficina de Informática | BIBIANA LISSETTE SANDOVAL BÁEZ Coordinadora Grupo de Atención al Ciudadano |
| GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ Jefe Oficina Asesora Jurídica | JOSÉ ALBERTO CHAPARRO MARTÍNEZ Coordinador Grupo de Servicios Administrativos |
| MARÍA EUGENIA PATIÑO JURADO Jefe Oficina Control Interno | NUBIA TRASLAVIÑA SAAVEDRA Coordinadora Grupo de Gestión Documental y Centro de Documentación |

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora Rocío Rodríguez Granados por su liderazgo y gestión durante las etapas iniciales de elaboración del presente informe.

Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana, especialmente a los ingenieros Mauricio Gaitán Varón, Lizeth Cantor Cantor y Sergio Hernández, por sus recomendaciones y gestión.

A los profesionales de las Corporaciones Autónomas Regionales y de las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos (AMVA, CAM, CAR, CARDER, CDMB, CORANTIOQUIA, CORNARE, CORPAMAG, CORPOBOYACÁ, CORPOCALDAS, CORPOCESAR, CORPOGUAJIRA, CORPONARIÑO, CORPONOR, CORTOLIMA, CRC, CRQ, CVC, CVS, DAGMA, EPA CARTAGENA, EPA BARRANQUILLA VERDE y SDA) por el proceso de consecución de la información requerida para la elaboración de este informe, por su trabajo en campo y por la retroalimentación dada a las observaciones e inquietudes comunicadas por el IDEAM.

PRÓLOGO

Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo y cuenta en su territorio con un gran número de ecosistemas que constituyen el patrimonio natural de la nación, lo cual ha posibilitado la conservación y preservación de diversos recursos: el agua, el suelo, la flora, la fauna y el aire.

El rápido crecimiento de las ciudades y de la población colombiana, ha acelerado el uso y degradación de estos recursos incorporando al ambiente sustancias extrañas y formas de energías cuya permanencia, magnitud y evolución, ha afectado la salud y el bienestar de la sociedad y de los ecosistemas.

Uno de los recursos que ha recibido mayor alteración es el aire, cuyos procesos sinérgicos se han visto transformados por la emisión de diferentes compuestos, de origen natural y artificial, que modifican su composición y cuyos orígenes provienen de actividad vulcanológica, procesos biológicos y principalmente del desarrollo de actividades antropogénicas.

Adicionalmente, componentes extrínsecos como la geomorfología, la orografía y la climatología, e intrínsecos como la composición de las sustancias y su reactividad, hacen que el fenómeno de la contaminación atmosférica sea complejo, debido a que estas variables ejercen una notable influencia en la capacidad que tiene una sustancia en el aire de diluirse, concentrarse y transportarse, haciendo más o menos drástico el problema de contaminación en una ciudad o región.

Por tal motivo, el monitoreo y control de la concentración de estas sustancias en la atmósfera ha tomado día a día mayor relevancia, debido a que, según la Organización Mundial de la Salud, una de cada ocho muertes ocurridas a nivel mundial, es ocasionada por la contaminación del aire. A nivel nacional, el Departamento Nacional de Planeación estimó que, durante el año 2015, los efectos de este fenómeno estuvieron asociados a 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades.

Adicionalmente, los costos ambientales asociados a la contaminación atmosférica en Colombia, durante los últimos años se incrementaron pasando de 1,1% del PIB de 2009 (\$5,7 billones de pesos) a 1,59% del PIB de 2014 (\$12 billones de pesos) y del 1,93% del PIB en 2015 (\$15,4 billones de pesos), lo cual pone en evidencia la necesidad de seguir implementando estrategias para controlar, evaluar y monitorear estas sustancias.

En este contexto, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM presenta la cuarta entrega del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia, el cual analiza el comportamiento, efectos y la distribución espacial y temporal de los contaminantes atmosféricos evaluados a nivel nacional durante el año 2016.

El informe se realiza a partir de los datos recopilados por el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, el cual es la herramienta que permite a las Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos, reportar y dar a conocer al ciudadano, las concentraciones de los contaminantes atmosféricos evaluados en su jurisdicción.

De igual modo, el proceso de consolidación y validación de la base de datos, es producto del trabajo constructivo de doble vía, entre el IDEAM y las Autoridades Ambientales, permitiendo ampliar el conocimiento y las dinámicas de la problemática a nivel local y regional. En el presente documento se compila y analiza, los datos generados por 159 estaciones, distribuidas en 23 sistemas de vigilancia de la calidad del aire que operaron en el país durante el año 2016.

Los resultados presentados en este documento son la base para que a nivel nacional, departamental y municipal se formulen e implementen políticas, estrategias e instrumentos orientados a la adecuada planificación del territorio, el seguimiento y control de las fuentes de emisión, la gestión de la movilidad sostenible y la renovación tecnológica, con la cual se mejoraría la calidad del ambiente y de la población.

Nuestro trabajo y compromiso con la calidad ambiental se seguirá traduciendo en estudios e investigaciones sobre el estado de los recursos naturales renovables, degradación ambiental, lucha contra el cambio climático y de desarrollo sostenible, que contribuyan a la formulación y modificación de políticas a nivel nacional encaminadas en la protección del ambiente y del bienestar de los colombianos.

OMAR FRANCO TORRES
DIRECTOR GENERAL
IDEAM

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMIENTOS | 4 |
| PRÓLOGO | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE..... | 13 |
| Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | 13 |
| Autoridades ambientales regionales y urbanas: máxima autoridad ambiental en la región..... | 20 |
| METODOLOGÍA | 27 |
| ORIGEN Y EFECTOS EN LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO..... | 31 |
| 3.1 Medición de contaminantes criterio | 34 |
| 3.2 Unidades de reporte para calidad del aire..... | 34 |
| 3.3 Niveles máximos permisibles en Colombia | 34 |
| ESTADO DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA..... | 36 |
| 4.1 Localización y ubicación de los SVCA a nivel nacional | 37 |
| 4.2 Contaminantes y variables meteorológicas evaluados..... | 41 |
| 4.3 Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire Acreditados | 42 |
| 4.4 Cobertura temporal de la información reportada | 42 |
| ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA..... | 46 |
| 5.1 Estaciones de monitoreo con representatividad temporal mayor a 75%..... | 46 |
| 5.2 Índice de Calidad del Aire – ICA..... | 72 |
| 5.3 Evaluación del indicador de seguimiento de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire..... | 79 |
| 5.4 Estaciones de monitoreo con representatividad temporal menor a 75%..... | 81 |
| INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LA CALIDAD DEL AIRE | 88 |
| 6.1 Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)..... | 88 |
| 6.2 Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)..... | 91 |
| 6.3 Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) | 93 |
| 6.4. Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR)..... | 95 |
| ANÁLISIS DE PROSPECTIVAS | 97 |
| 7.1. Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)..... | 97 |
| 7.2. Material particulado menor a 2.5 micras (PM _{2.5}) | 98 |
| 7.3. Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)..... | 98 |
| 7.4. Programas de reducción de la contaminación del aire..... | 98 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 103 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Evolución de la normatividad expedida en Colombia en relación con la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica y la Protección de la Calidad del Aire..... | 13 |
| Figura 2. Acciones adelantadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el fin de mejorar la calidad del combustible y contar con tecnologías vehiculares más limpias..... | 14 |
| Figura 3. Acciones adelantadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para reducir las emisiones de los principales sectores productivos..... | 15 |
| Figura 4. Acciones adelantadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para fortalecer la gestión de la calidad del aire en las regiones..... | 16 |
| Figura 5. Fallas identificadas en la gestión de la calidad del aire..... | 17 |
| Figura 6. Alianzas estratégicas con organismos internacionales..... | 18 |
| Figura 7. Etapas y resultados de una adecuada gestión de la calidad del aire..... | 20 |
| Figura 8. Metodología para la elaboración del Informe de Estado de la Calidad del Aire 2016..... | 29 |
| Figura 9. Proceso de operación de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire en Colombia..... | 36 |
| Figura 10. Número de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en Colombia en el periodo 2011 – 2016..... | 37 |
| Figura 11. Número de estaciones por contaminante 2011 – 2016..... | 42 |
| Figura 12. Número de estaciones con representatividad superior al 75% por contaminante..... | 43 |
| Figura 13. Evolución del número de estaciones con representatividad temporal superior al 75% por contaminante en el periodo 2011 - 2016..... | 44 |
| Figura 14. Concentraciones promedio anuales de Partículas Suspendidas Totales (PST) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 47 |
| Figura 15. Concentraciones promedio anuales de PST para las estaciones de los SVCA de CAR y CORPOCESAR, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 48 |
| Figura 16. Número de días de excedencias de las concentraciones de PST al límite máximo permisible diario de 300 µg/m ³ por estación para el SVCA de CORPOCESAR entre 2011 y 2016..... | 48 |
| Figura 17. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 51 |
| Figura 18. Concentraciones promedio anuales de PM ₁₀ para las estaciones de los SVCA de CAR, SDA, DAGMA y AMVA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 52 |
| Figura 19. Concentraciones promedio anuales de PM ₁₀ para las estaciones de los SVCA de CORPOBOYACA, CORPAMAG y CORPOCESAR, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 53 |
| Figura 20. Concentraciones promedio anuales de PM ₁₀ para las estaciones de los SVCA de CORTOLIMA y CVC, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 54 |
| Figura 21. Número de días que exceden el límite máximo permisible de 100 µg/m ³ de PM ₁₀ en un tiempo de exposición diario, establecido de acuerdo con la Resolución 610 de 2010, para los SVCA de Colombia durante el año 2016..... | 55 |
| Figura 22. Número de días de excedencias de las concentraciones de PM ₁₀ al límite máximo permisible diario de 100 µg/m ³ por estación para los SVCA de SDA, AMVA y CAR entre 2011 y 2016..... | 56 |
| Figura 23. Número de días de excedencias de las concentraciones de PM ₁₀ al límite máximo permisible diario de 100 µg/m ³ por estación para los SVCA de CORPOCESAR, CORPAMAG y CVC entre 2011 y 2016..... | 57 |
| Figura 24. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 2.5 micras (PM _{2.5}) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 59 |
| Figura 25. Concentraciones promedio anuales de PM _{2.5} para las estaciones de los SVCA de AMVA, CORPOCESAR y SDA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 60 |
| Figura 26. Número de días que exceden el límite máximo permisible de 50 µg/m ³ de PM _{2.5} en un tiempo de exposición diario, establecido de acuerdo con la Resolución 610 de 2010, para los SVCA de Colombia durante el año 2016..... | 61 |
| Figura 27. Número de días de excedencias de las concentraciones de PM _{2.5} al límite máximo permisible diario de 50 µg/m ³ por estación para los SVCA de CORPOCESAR, AMVA y SDA entre 2011 y 2016..... | 62 |
| Figura 28. Concentraciones promedio anuales de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%..... | 63 |

| | |
|---|----|
| Figura 29. Concentraciones promedio anuales de NO ₂ para las estaciones de los SVCA de CAR, SDA y AMVA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. | 64 |
| Figura 30. Concentraciones promedio anuales de Dióxido de Azufre (SO ₂) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%. | 65 |
| Figura 31. Concentraciones promedio anuales de SO ₂ para las estaciones de los SVCA de DAGMA, SDA y AMVA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%. | 66 |
| Figura 32. Número de días de excedencias de O ₃ para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una cobertura temporal igual o mayor a 75% en 2016. | 68 |
| Figura 33. Número de días de excedencias de O ₃ para las estaciones de los SVCA de AMVA, DAGMA, EPA CARTAGENA y SDA que presentaron una cobertura temporal igual o superior a 75% entre 2011 y 2016. | 69 |
| Figura 34. Concentraciones promedio anual de CO, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una cobertura temporal igual o mayor a 75% en 2016. | 70 |
| Figura 35. Número de días de excedencias de CO para las estaciones de los SVCA de AMVA y SDA que presentaron una cobertura temporal igual o superior a 75% entre 2011 y 2016. | 71 |
| Figura 36. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para PM ₁₀ en las estaciones de los SVCA de CAR, AMVA, CORPAMAG y CORPOBOYACA durante 2016. | 74 |
| Figura 37. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para PM ₁₀ en las estaciones de los SVCA de CORPOCESAR, DAGMA, CVC y SDA durante 2016. | 75 |
| Figura 38. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para PM _{2.5} en las estaciones de los SVCA de AMVA, SDA y CORPOCESAR durante 2016. | 76 |
| Figura 39. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para O ₃ en las estaciones de los SVCA de SDA, DAGMA, AMVA y EPA CARTAGENA durante 2016. | 77 |
| Figura 40. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para SO ₂ en las estaciones de los SVCA de AMVA, SDA y DAGMA durante 2016. | 78 |
| Figura 41. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire durante 2016. | 79 |
| Figura 42. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire por parámetro durante 2016. | 79 |
| Figura 43. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire, por Autoridad Ambiental y por parámetro, durante 2016. | 80 |
| Figura 44. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de PST para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. | 82 |
| Figura 45. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de PM ₁₀ para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. | 83 |
| Figura 46. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de PM _{2.5} para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. | 84 |
| Figura 47. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de NO ₂ para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. | 85 |
| Figura 48. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de SO ₂ para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. | 86 |
| Figura 49. Proceso de inversión térmica. | 88 |
| Figura 50. Calendario de contaminación para las estaciones de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM ₁₀) durante el año 2016. | 89 |
| Figura 51. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM ₁₀ . | 90 |
| Figura 52. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM _{2.5} . | 90 |
| Figura 53. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron O ₃ . | 90 |
| Figura 54. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM ₁₀ . | 91 |
| Figura 55. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM _{2.5} . | 91 |
| Figura 56. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron O ₃ . | 91 |

| | |
|---|-----|
| Figura 57. Calendario de contaminación para las estaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM ₁₀) durante el año 2016. | 92 |
| Figura 58. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM ₁₀ | 92 |
| Figura 59. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM _{2.5} | 92 |
| Figura 60. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron O ₃ | 92 |
| Figura 61. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM ₁₀ | 93 |
| Figura 62. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM _{2.5} | 93 |
| Figura 63. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron O ₃ | 93 |
| Figura 64. Calendario de contaminación para las estaciones del DAGMA que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM ₁₀) durante el año 2016. | 94 |
| Figura 65. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM ₁₀ | 94 |
| Figura 66. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM _{2.5} | 94 |
| Figura 67. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron O ₃ | 95 |
| Figura 68. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM ₁₀ | 95 |
| Figura 69. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM _{2.5} | 95 |
| Figura 70. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron O ₃ | 95 |
| Figura 71. Calendario de contaminación para las estaciones de CORPOCESAR que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM ₁₀) durante el año 2016. | 95 |
| Figura 72. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 10 micras (PM ₁₀) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%, frente a los nuevos niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017. | 99 |
| Figura 73. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 2.5 micras (PM _{2.5}) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%, frente a los nuevos niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017. | 100 |
| Figura 74. Concentraciones promedio anuales de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%, frente a los nuevos niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017. | 101 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Subsistemas de información de calidad del aire y emisiones en Colombia. | 24 |
| Tabla 2. Normatividad de calidad del aire en Colombia vs. Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud. | 34 |
| Tabla 3. Complejidad de un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire en Colombia según la normativa vigente. | 37 |
| Tabla 4. Municipios que no cuentan con Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire a 2016. | 40 |
| Tabla 5. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) con complejidad inferior al reglamentado. | 41 |
| Tabla 6. Estaciones con representatividad temporal superior al 75% por SVCA. | 43 |
| Tabla 7. Puntos de corte del Índice de Calidad del Aire ICA en Colombia. | 72 |
| Tabla 8. Comparación de los niveles normativos establecidos en las Resoluciones 610 de 2010 y 2254 de 2017, frente a las recomendaciones realizadas por la OMS. | 97 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|--|----|
| Mapa 1. Sistemas de Vigilancia de la Calidad del aire en Colombia existentes en el 2016. | 38 |
| Mapa 2. Municipios que deberían contar con Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire según los criterios de la normatividad colombiana vigente. | 39 |
| Mapa 3. Localización de las estaciones de monitoreo por tipo de contaminante evaluado. | 41 |

INTRODUCCIÓN

El aire cumple una función ecosistémica de gran importancia para los seres vivos al aportar diversas sustancias necesarias para el desarrollo de los procesos biológicos de fotosíntesis y respiración. La proporción de los gases que lo componen se mantiene gracias al desarrollo de procesos cíclicos regenerativos, llevados a cabo entre los factores bióticos y abióticos que componen al ambiente. Si bien, hay una regeneración constante de gases en la atmósfera, lo cual hace pensar que el aire es un recurso inagotable, el desarrollo de diversas actividades humanas, altera su composición y afecta su calidad.

La contaminación atmosférica, en conjunto con otros factores, produce un gran número de patologías agudas y crónicas, asociadas principalmente a problemas respiratorios y cardiovasculares, los cuales se desarrollan en el individuo en función de su desarrollo fisiológico, el tipo de contaminante y el tiempo de exposición. Estos efectos se producen incluso a muy bajas concentraciones, por lo cual, los diversos estudios epidemiológicos realizados por la Organización Mundial de la Salud, no han logrado identificar un umbral por debajo del cual no se observen efectos en la salud.

La normatividad colombiana, en aras de proteger a la población y conforme a las recomendaciones internacionales, al desarrollo tecnológico, económico y social del país, ha establecido unos niveles regulatorios orientados a reducir la morbilidad, los riesgos de mortalidad prematura y mantener un ambiente sano.

Para cumplir este objetivo, las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos, han instalado Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire para obtener información acerca de las concentraciones de las sustancias con potencial de afectar el recurso. Toda la información obtenida y validada, es reportada y divulgada a través del Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, el cual es administrado por el IDEAM.

El Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2016, es elaborado con base en la información reportada en el SISAIRE, y analiza el grado de degradación o conservación en el que se encuentra el recurso, determinando el estado y el comportamiento de las diversas sustancias con potencial de ocasionar efectos adversos en la salud frente a los límites establecidos por la regulación colombiana y por las recomendaciones

entregadas por los diversos organismos internacionales que realizan estudios de estos fenómenos atmosféricos.

El primer capítulo presenta las diferentes estrategias y acciones implementadas desde el sector ambiental, para gestionar adecuadamente la calidad del aire a nivel nacional, regional y local, destacando los principales logros obtenidos, lo cual permite contextualizar al lector con los avances y esfuerzos que desde el gobierno nacional se han implementado para el mejoramiento del monitoreo, seguimiento y control de las diferentes fuentes de emisión.

El segundo capítulo presenta los pasos metodológicos ejecutados para la obtención, procesamiento, validación y análisis de los datos, permitiendo la familiarización con la operación de un sistema de vigilancia de la calidad del aire, el funcionamiento del aplicativo SISAIRE y la consolidación de la base de datos para la elaboración del Informe del Estado de la Calidad del Aire realizado por el IDEAM.

El tercer capítulo define los principales contaminantes atmosféricos, las principales fuentes de emisión, los efectos en la salud y los correspondientes límites normativos, ampliando la óptica con respecto a la contaminación atmosférica, sus orígenes, transformaciones y consecuencias a nivel ecosistémico y del ser humano.

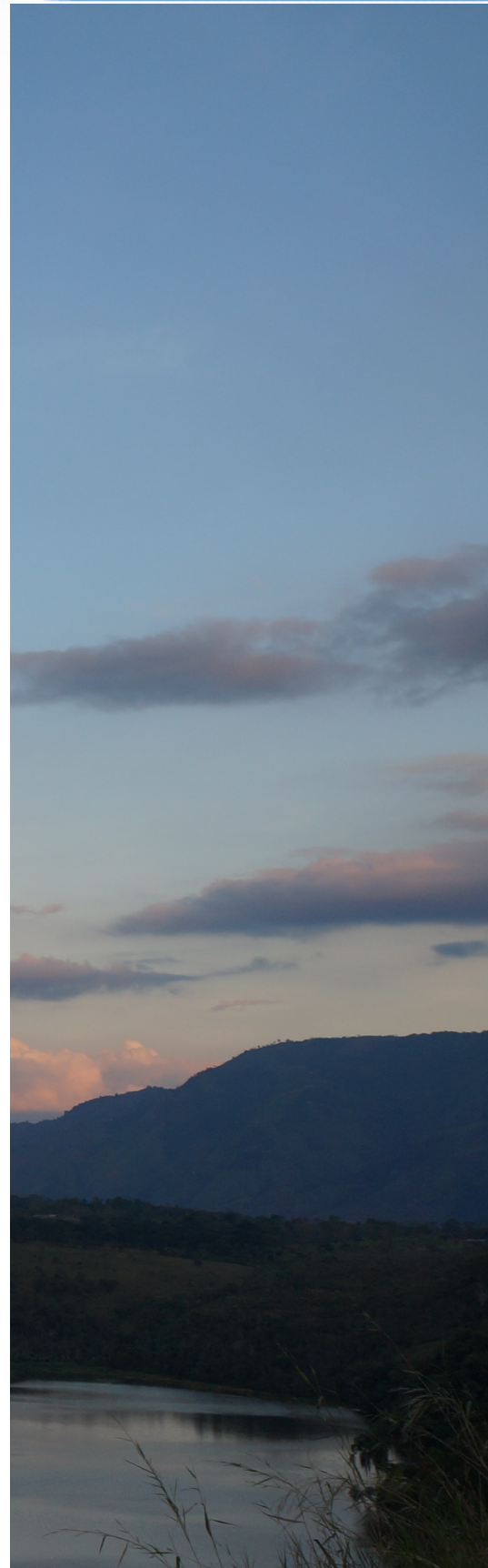
El cuarto capítulo presenta el estado operativo y funcional de los sistemas de vigilancia de calidad del aire existentes en el país durante el año 2016, y las principales dificultades y retos que enfrentan las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos para su instalación, mantenimiento y operación.


El quinto capítulo presenta el estado de la calidad del aire en Colombia durante 2016, evaluado el comportamiento temporal y espacial de las concentraciones de los contaminantes criterio, por estación, frente a los límites normativos establecidos en la Resolución 610 de 2010.

El sexto capítulo, muestra la influencia de las variables meteorológicas en la dispersión, concentración y transporte de los contaminantes atmosféricos, lo cual es determinante para conocer las fuentes de origen, los fenómenos de dispersión, la población expuesta y las consecuencias de la contaminación.

El séptimo capítulo, presenta el análisis de prospectivas frente a los cambios en los niveles de inmisión regulatorios, los cuales se implementarán a nivel nacional a partir del año 2018, y objetivo, los cuales establecen metas de obligatorio cumplimiento en año 2030, para lo cual los diferentes tomadores de decisiones y actores involucrados, deben implementar las medidas necesarias para gestionar el estado de la calidad del aire a nivel local y regional.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente estudio, el cual esperamos pueda influir en la transformación territorial, sectorial, social, económica y ambiental del país.





Capítulo I
GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

La construcción del presente capítulo contó con la coautoría de la Ingeniera Yudy Lizeth Cantor Cantor, de la Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

A partir de la expedición de la Constitución Política de 1991, los ciudadanos cuentan con el derecho a gozar de un ambiente sano, en el cual el estado tiene la obligación de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental. Esta obligación, empieza a materializarse con la expedición de la Ley 99 de 1993, la cual crea el Sistema Nacional Ambiental – SINA y define las funciones del Ministerio de Ambiente, el IDEAM, las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos.

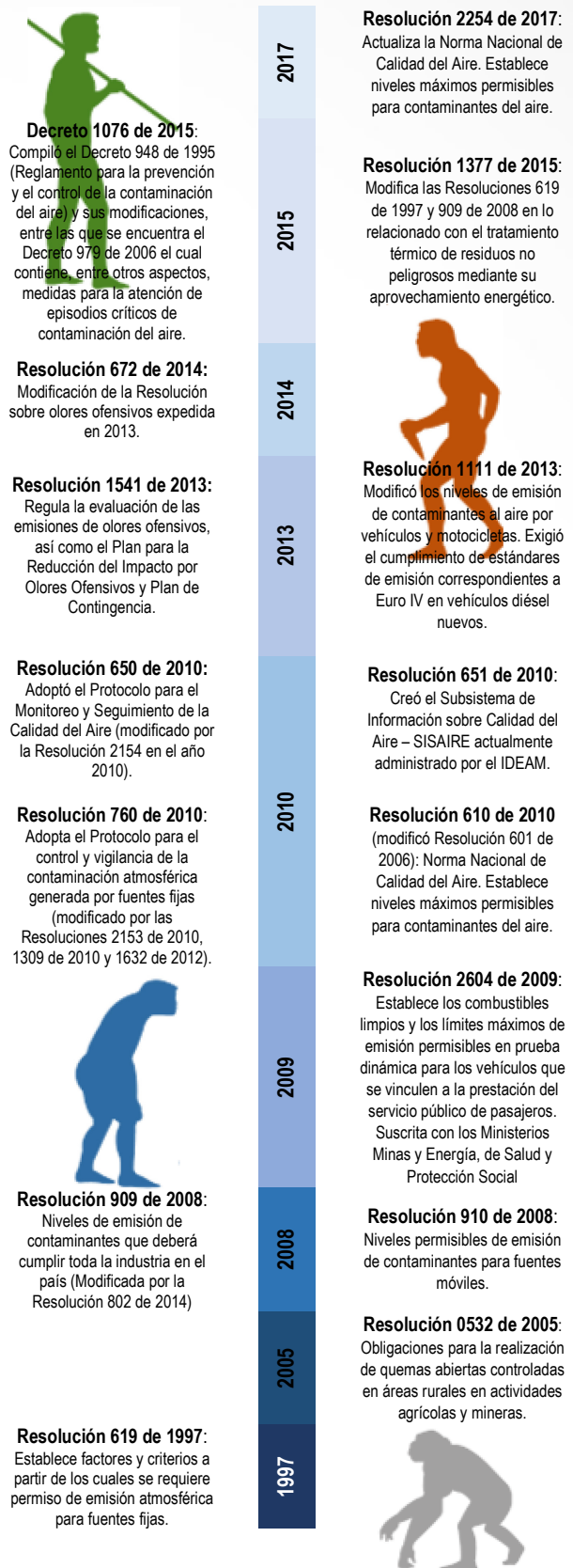
Entre las diversas labores encargadas, se encuentra la prevención, evaluación, control, seguimiento y vigilancia de los fenómenos físicos y de las sustancias químicas susceptibles de ocasionar contaminación atmosférica, lo cual permite la preservación y conservación del recurso aire, e influye positivamente en la salud de las personas y el ambiente.

En el presente capítulo, se abordan los resultados de la gestión de la calidad del aire por parte de las entidades encargadas de liderar el tema en Colombia, las cuales corresponden al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como ente rector y organismo orientador de las normas y políticas, al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, como entidad de apoyo técnico y científico, y a las Autoridades Ambientales del país, encargadas de ejecutar los planes, programas y estrategias locales en materia de prevención y control de la contaminación del aire.

1.1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en cumplimiento de las funciones establecidas por la Ley 99 de 1993 y los Decretos 3570 de 2011 y 1076 de 2015, ha desarrollado e implementado diversas políticas, acciones y estrategias para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección y mejoramiento de la calidad del aire con el fin de proteger la salud y el bienestar de los colombianos.

Figura 1. Evolución de la normatividad expedida en Colombia en relación con la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica y la Protección de la Calidad del Aire.



1.1.1. Desarrollo de un marco normativo

A partir de la expedición del Decreto 948 de 1995, el cual estableció el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Aire, y hasta la fecha, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha realizado la expedición y adopción de diversas normas, que incluyen, entre otros, estándares para calidad del aire y emisiones generadas por la industria y los vehículos, mecanismos de seguimiento y control, promoción de combustibles menos contaminantes y protocolos de medición, tal como se observa en la Figura 1.

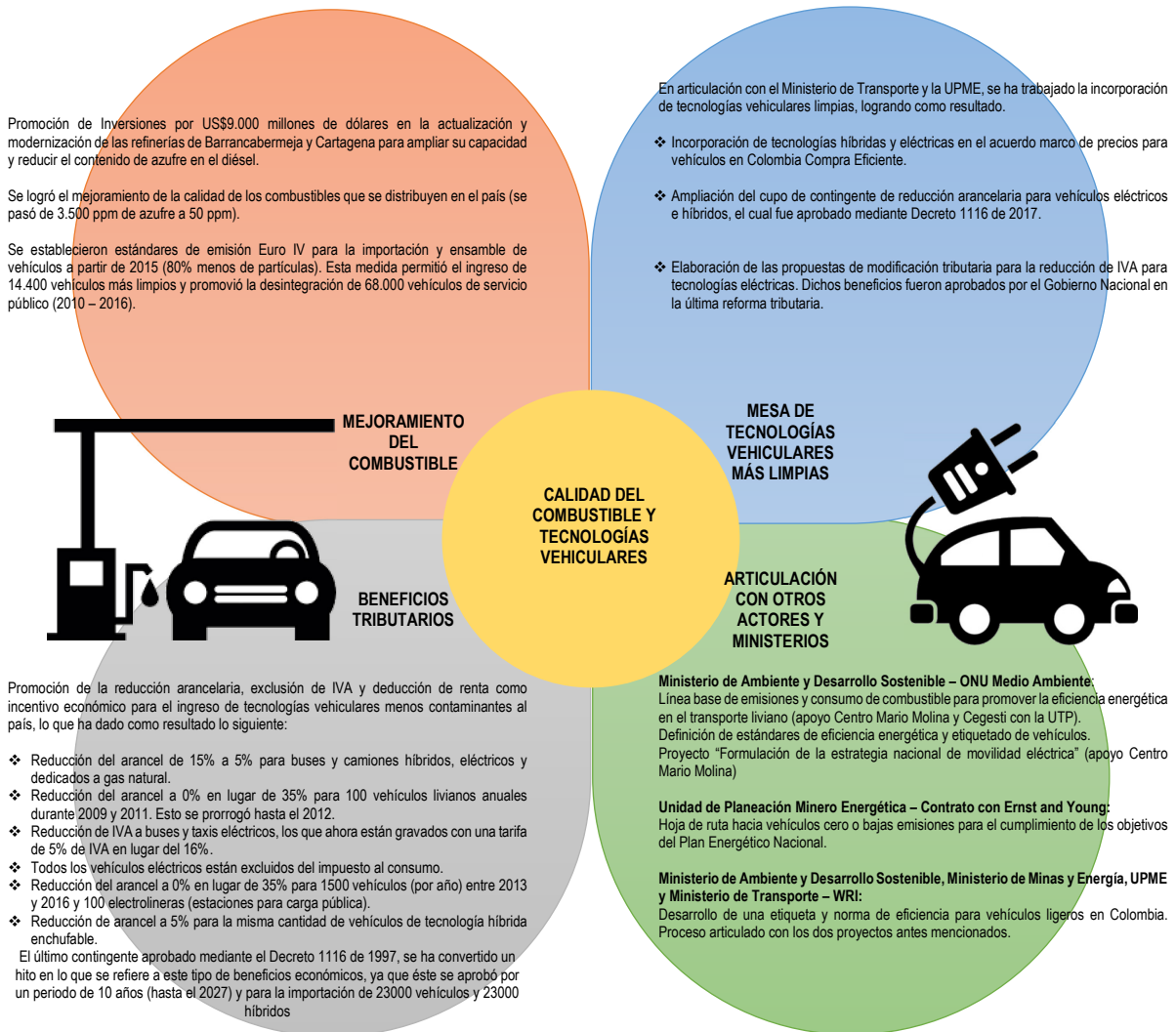
Adicionalmente, en el año 2010, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adoptó la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, cuyo objetivo principal fue impulsar la gestión de la calidad del aire en el

país, protegiendo de este modo la salud de la población y el estado del ambiente. Para ello, formuló diversas estrategias orientadas al control y reducción de las emisiones, con la participación activa de los diversos sectores y actores involucrados.

1.1.2. Mejoramiento de la calidad del combustible y tecnologías vehiculares.

Los diferentes inventarios de emisión realizados en el país, develaron que una de las principales fuentes de emisión estaba constituida por el creciente parque automotor. Adicionalmente, los mismos estudios indicaron que la calidad del combustible distribuida en el país, no era la más óptima, razón por la cual, desde el sector ambiente, y en alianza con otros sectores se han promovido diversas estrategias.

Figura 2. Acciones adelantadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el fin de mejorar la calidad del combustible y contar con tecnologías vehiculares más limpias.



1.1.3. Acciones para la reducción de emisiones en los principales sectores productivos

En muchas regiones del país, se han identificado sectores productivos que generan gran cantidad de emisiones. Además de las medidas de seguimiento, control y sanción, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la interacción con los sectores, ha buscado la implementación de mejores tecnologías, amigables con el ambiente, para lo cual ha adelantado las siguientes acciones y proyectos:

Figura 3. Acciones adelantadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para reducir las emisiones de los principales sectores productivos.

Se ha logrado la implementación del uso de llantas como combustible para la industria cementera y la reconversión tecnológica de 50 hornos de la industria ladrillera, entre los años 2015 y 2016.



Conformación de la Mesa Nacional del Sector Ladrillero desde el año 2015, con representantes gremiales de Antioquia, Cundinamarca, Norte de Santander, Valle del Cauca y Boyacá y Eje Cafetero, como espacio de diálogo con los representantes gremiales del sector ladrillero para la generación de estrategias que permitan fomentar el cumplimiento normativo en materia ambiental, con el acompañamiento de la Corporación Ambiental Empresarial, filial de la Cámara de Comercio. Este sector ha sido priorizado por el Ministerio debido a su importante contribución a las emisiones de material particulado propias de fuentes fijas.

Adicionalmente, ha conformado otras mesas de trabajo con los sectores que tienen mayores dificultades para cumplir la norma. Es así como actualmente avanza en la formulación de planes sectoriales que promuevan control y la reducción de sus emisiones.



Apoyo a la ejecución del proyecto EELA (Eficiencia energética del sector ladrillero) financiado con recursos de cooperación suiza – Swisscontact, durante los años 2010 a 2016. Durante la segunda fase 2013 – 2016, se estima que se realizaron 88 proyectos de reconversión tecnológica y de adopción de mejores prácticas de eficiencia energética en el proceso de producción de ladrillo. Se estima más que más de 150.000 toneladas de CO₂ han sido mitigadas, lo que equivaldría a una reducción aproximada de más de 300.000 toneladas de material particulado. De otra parte, el Ministerio ha contribuido a la elaboración del inventario nacional del sector ladrillero y a la medición de black carbon (hollín) en el marco de la cooperación con la Coalición del Cima y Aire Limpio (CCAC).

Promoción y participación en la generación de programas de transformación tecnológica, líneas de crédito verde, mecanismos de atención y capacitación a industriales e incentivos económicos, obteniendo de este último un beneficio económico de treinta y ocho mil quinientos veintidós millones de pesos m/cte. (\$38'522.000.000) a 2015.

1.1.4. Proyecto piloto de innovación para la erradicación de humos contaminantes

En el marco de los proyectos de innovación pública del Departamento Nacional de Planeación - DNP, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible presentó en el año 2015 una propuesta que busca establecer estrategias para erradicar los humos contaminantes en Colombia a través de mecanismos que promuevan la participación ciudadana y su articulación con los actores involucrados en los procesos de seguimiento y control.

El proyecto fue uno de los dos viabilizados por el DNP, entre muchas otras propuestas, ya que permite el desarrollo de la estrategia de crecimiento verde establecida en el PND, la protección de la salud, el mantenimiento vehicular, la desintegración y la seguridad vial, la educación ambiental, la protección del ambiente y la participación ciudadana.

De igual manera, durante el año 2016, el Ministerio, inició la formulación del proyecto piloto de innovación con el apoyo del Equipo de Innovación Pública del DNP, para la erradicación de humos contaminantes provenientes de fuentes móviles mediante la promoción e incentivo de la participación ciudadana para la apropiación e implementación efectiva de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.

De igual forma, el proyecto obtuvo el reconocimiento como “catalizadores de la innovación” por parte del Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones MinTIC, en el marco del cual se brinda apoyo y soporte técnico para los desarrollos tecnológicos de prototipos que requiera el proyecto.

1.1.5. Fortalecimiento de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del país

Además del control y reducción de las emisiones en la fuente, desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y con la colaboración de las Corporaciones Autónomas Regionales, de las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, se han promovido acciones orientadas al fortalecimiento del monitoreo y evaluación de los diferentes contaminantes atmosféricos. De este modo se han realizado las siguientes acciones:

- Promoción de la implementación y fortalecimiento de sistemas de calidad del aire en las diferentes regiones del país. Es así como actualmente se cuenta con 159 estaciones de monitoreo conformando 23 Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, los cuales son operados por igual número de Autoridades Ambientales y registra las concentraciones de los contaminantes establecidos en la norma.
- Suscripción de un convenio de cooperación con la Agencia de Cooperación Internacional de Corea – KOICA, para el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia de la calidad del aire y de las capacidades técnicas (inversión USD 5 millones). En la ejecución del proyecto se logró la instalación de nueve (9) nuevas estaciones de monitoreo de la calidad del aire en los departamentos de Boyacá (Nobsa – Sogamoso), Magdalena (Santa Marta – Ciénaga) y Atlántico (Barranquilla), así como un sistema de adquisición de datos administrado por el IDEAM, entre otras.

1.1.6. Fortalecimiento de Autoridades Ambientales

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha adelantado una serie de acciones en los últimos años en las diferentes regiones del país con el propósito de identificar y fortalecer las capacidades de las Autoridades Ambientales para el logro de los objetivos previstos en la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (PPCCA).

- Desde el año 2011, el Ministerio de Ambiente ha venido promoviendo la conformación y consolidación de Mesas Regionales de Calidad del Aire, en aquellas zonas del país en donde la problemática de contaminación atmosférica trasciende la jurisdicción de la autoridad ambiental y por su complejidad requiere de la intervención articulada de varios actores del orden nacional, regional y local.

Es así, como a la fecha se han conformado mesas regionales de calidad del aire en las siguientes zonas del país: Medellín, Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Zona carbonífera del Cesar y Corredor industrial de Boyacá. Estas mesas han contado con la participación activa de representantes de: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,

ANLA, IDEAM, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Transporte, Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional Minera – ANM, Autoridades Ambientales Regionales y Urbanas, Entidades Territoriales, Secretarías de Salud departamentales y municipales, algunos entes de control del orden local, e instituciones académicas.

Figura 4. Acciones adelantadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para fortalecer la gestión de la calidad del aire en las regiones.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, DAASU, 2017.

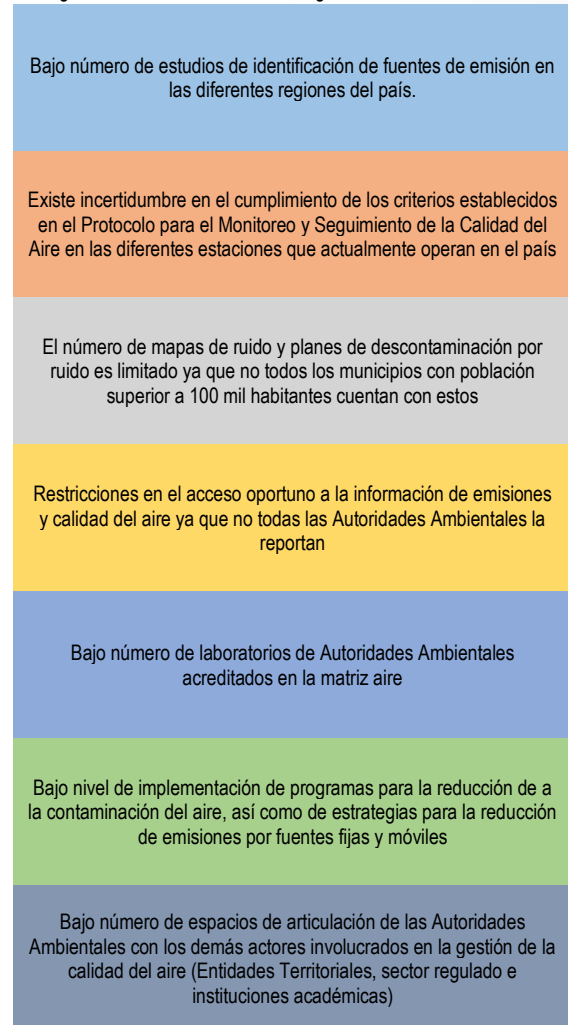
Con el desarrollo de estas mesas, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha logrado no solo, articular parte de la gestión de las Autoridades Ambientales con los demás actores involucrados en la problemática de la contaminación del aire y los efectos asociados mediante la armonización de sus planes de

acción; sino la promoción y el posicionamiento de los resultados generados por los instrumentos para la gestión de la calidad del aire implementados por la autoridad ambiental en la toma de decisiones. Adicionalmente, han servido como espacios de capacitación para la correcta aplicación de las disposiciones que establece la normativa sobre contaminación del aire.

- 2013 – Fortalecimiento de las autoridades ambientales para el cumplimiento de los objetivos de la PPCCA, específicamente en los componentes de ruido y olores ofensivos. Dentro de los principales resultados de este proceso adelantado en el marco de un convenio suscrito con ASOCARS fue la identificación de la necesidad de fortalecer las capacidades técnicas de los profesionales de las Autoridades Ambientales regionales y urbanas a cargo de estos temas, para el desarrollo de mapas de ruido y planes de descontaminación por ruido ya que su implementación en el país es baja; así como para la evaluación de olores ofensivos dado que la reglamentación en el tema es la más reciente expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y una de las de mayor complejidad.
- 2014 – Continuación del proceso de fortalecimiento de las Autoridades Ambientales. Motivados con los resultados obtenidos en el año 2013, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible suscribió nuevamente convenio con ASOCARS en el año 2014, con el objeto de continuar con el proceso de fortalecimiento de las capacidades de las Autoridades Ambientales solo que en los demás temas propuestos en la PPCCA. Es así, como se desarrollaron espacios de trabajo con las Autoridades Ambientales y Entes Territoriales del país, con el fin de identificar las limitaciones para la implementación de la PPCCA, y a su vez, dar orientaciones sobre la correcta aplicación de la normativa expedida por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en materia de emisiones y calidad del aire
- 2015 - Seguimiento a la implementación del plan de acción de la PPCCA. Sus principales resultados permitieron identificar que se requiere continuar con el fortalecimiento de las

capacidades técnicas de las autoridades ambientales acorde con el avance que ha tenido el tema. Tal situación puede ser la causa de que actualmente existan falencias en la gestión de la calidad del aire, entre las que se encuentran como principales, las siguientes:

Figura 5. Fallas identificadas en la gestión de la calidad del aire.



Bajo el número de estudios de identificación de fuentes de emisión en las diferentes regiones del país.

- 2016 – Definición de acciones estratégicas para el mejoramiento de la información de calidad del aire y ruido ambiental en Colombia. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en cumplimiento de los compromisos previstos en el CONPES 3819 del año 2014 (Política Nacional para consolidar el sistema de ciudades en Colombia), desarrolló espacios de trabajo con las Autoridades Ambientales Regionales y

Urbanas del país, con el fin de formular y concertar acciones estratégicas para mejorar la generación, análisis y uso de la información para la adopción de decisiones orientadas a prevenir y controlar la contaminación del aire. En el desarrollo de estas mesas de trabajo, se evidenció la urgente necesidad de continuar fortaleciendo sus capacidades no solo en los aspectos técnicos a los que hace referencia la normativa expedida, sino en la planeación del recurso aire en el corto, mediano y largo plazo a través de los instrumentos de planificación ambiental; así como en lo relacionado con la gestión de recursos económicos para el desarrollo de proyectos que permitan mejorar la calidad del aire en su jurisdicción a través de la formulación de propuestas a los diferentes fondos de financiación nacionales e internacionales.

Adicional a lo anterior, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible suscribe convenios de cooperación con algunas Autoridades Ambientales para el suministro de equipo de medición de la calidad del aire y el ruido ambiental.

1.1.7. Fortalecimiento de los Sistemas de información

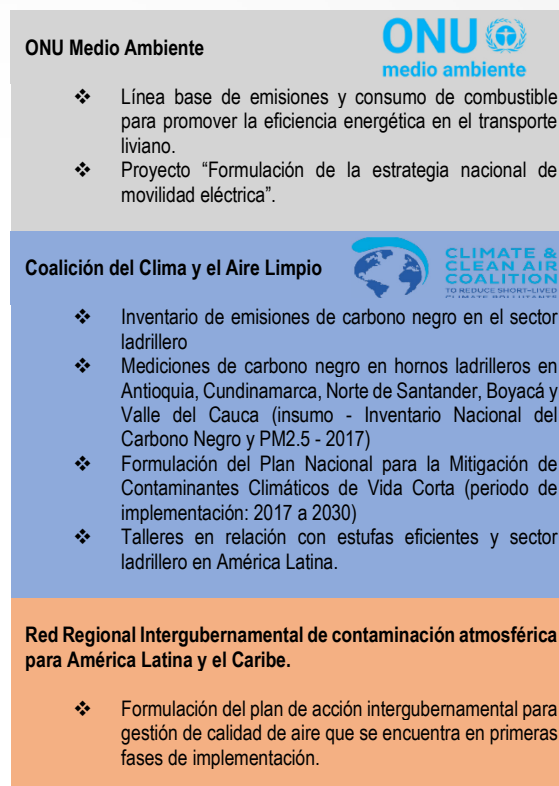
En conjunto con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, se realizó la implementación del Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE y el Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR, para el registro de las mediciones de calidad del aire, ruido y variables meteorológicas, así como de emisiones, respectivamente.

En el marco del convenio internacional suscrito con el Gobierno Coreano, se logró el desarrollo de una plataforma para la administración de datos de las nueve estaciones que hacen parte del proyecto. Esta plataforma es administrada por el IDEAM, el cual se encuentra trabajando en los ajustes necesarios para ampliar la cobertura al resto del país.

1.1.8. Alianzas estratégicas con Organismos Internacionales

Para mejorar el conocimiento de la calidad del aire en el país y adelantar proyectos enfocados en la reducción de emisiones, se han adelantado las siguientes acciones:

Figura 6. Alianzas estratégicas con organismos internacionales.



1.1.9. Proyectos actuales y prospectiva

Adicional a lo anterior, actualmente se adelantan las siguientes acciones orientadas a la reducción de las emisiones entre las que se destacan:

- Actualización de las normas de calidad del aire, fuentes fijas, fuentes móviles y ruido. Frente a la Norma Nacional de Calidad del Aire la Resolución 2254 de 2017 contempla lo siguiente:
 - i. Ajuste de los niveles máximos permisibles
 - ii. Índice de Calidad del Aire
 - iii. Acciones para la gestión del riesgo en eventos de contaminación del aire.
 - iv. Criterios más rigurosos para la medición de contaminantes criterio (partículas y gases como los óxidos de nitrógeno y azufre, ozono y monóxido de carbono) y aquellos que tiene efectos significativos en la salud humana.
 - v. Lineamientos para la comunicación social del riesgo.

- vi. Adicionalmente, se busca que la nueva norma tenga un enfoque preventivo, de tal manera que las autoridades ambientales establezcan programas de gestión integral de la calidad, no sólo con el fin de reducir emisiones sino de mantener los niveles de concentración de contaminantes por debajo de norma.
- Evaluación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (PPCCA) con el apoyo del DNP, para su modificación y actualización en 2018.
- Promoción del transporte cero o bajas emisiones, lo cual incluye la formulación de pilotos de movilidad eléctrica en diferentes centros urbanos del país, y de estándares de eficiencia energética.
- Formulación e implementación de planes estratégicos sectoriales y regionales para fortalecer el proceso de implementación de la PPCCA.
- Fortalecimiento del Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC en lo que al reporte de información de emisiones por fuentes industriales y vehiculares se refiere.
- En lo relacionado con la educación y participación ciudadana, se implementa un proyecto piloto para la innovación de erradicación de humos contaminantes provenientes de fuentes móviles, con el apoyo del DNP.
- Adopción del Plan Nacional para la Mitigación de Contaminantes Climáticos de Vida Corta.
- Elaboración del primer inventario nacional de emisiones de partículas PM_{2.5}.
- Mesas permanentes para la gestión integral de la calidad del aire en los principales centros urbanos del país: Bogotá, Barranquilla, Cali y Medellín con el objeto de concertar e implementar acciones para mejorar su calidad del aire, con los actores del orden nacional y local involucrados, en el marco de los planes de reducción de la contaminación del aire liderados por las Autoridades Ambientales correspondientes.
- Promoción de acciones interministeriales como la desintegración de vehículos altamente contaminantes, el ingreso de tecnologías vehiculares cero o bajas emisiones, el mejoramiento de la calidad del combustible que se distribuye en el país (diésel y gasolina), la adopción de programas de eficiencia energética (etiquetado de vehículos), la implementación de instrumentos económicos para el control de las emisiones, entre otras, con Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte, Ministerio de Industria y Comercio y Ministerio de Salud y Protección Social.
- Alianzas estratégicas con:
 - i. ONU Medio Ambiente- Transporte:
 - ❖ Línea base de emisiones y consumo de combustible para promover la eficiencia energética en el transporte liviano. Este proyecto se realiza en el marco de la Mesa de Tecnologías Vehiculares Limpias, donde participa el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
 - ❖ Proyecto “Formulación de la estrategia nacional de movilidad eléctrica”.
 - ii. Agencia de Cooperación Suiza para el Desarrollo:
 - ❖ Proyecto regional CALAC+, planeado a 7 años, en el marco de las actividades de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC), con el propósito de promover la reducción de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta mediante con el desarrollo de estas líneas: 1. Buses libres de hollín. 2. Incubador de políticas para maquinaria fuera de ruta. 3. Centro Global de gestión del conocimiento.
 - iii. Organización Mundial de la Salud:
 - ❖ Apoyo a la implementación de la Campaña “Respira la Vida” en Cali y Medellín.

Es importante resaltar que el desarrollo de estas acciones hacen parte de las metas establecidas en la Política de Prevención y Control de la contaminación del Aire actual y son necesarias para el cumplimiento de los estándares de la Norma Nacional de Calidad del Aire promovida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Acuerdo de Paris, así como la recomendación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para el ingreso de Colombia a dicho organismo.

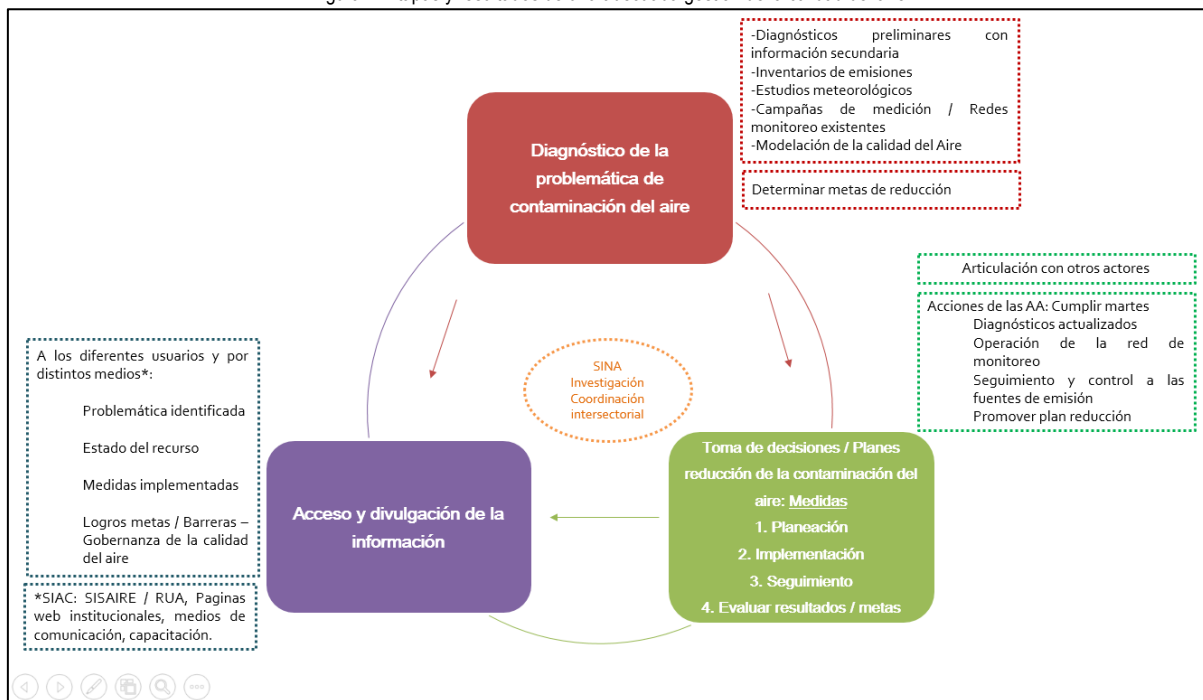
1.2. Autoridades ambientales regionales y urbanas: máxima autoridad ambiental en la región

Las Autoridades Ambientales regionales y urbanas son las encargadas de ejecutar la política y normativa expedida en materia de calidad del aire en el país, por tanto, tienen

entre sus funciones la de realizar la observación y seguimiento constante, medición, evaluación y control de los fenómenos de contaminación del aire y definir los programas regionales de prevención y control, de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.2.5.1.6.2., del Decreto 1076 de 2015.

Para identificar los resultados de la gestión de la calidad del aire en el país por parte de Autoridades Ambientales, es preciso indicar cuales etapas deben desarrollarse y que resultados deben obtenerse de ello. En la siguiente figura se identifican tales etapas y los resultados esperados, de acuerdo con lo establecido en la normativa expedida por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en materia de calidad del aire y emisiones desde el año 1995 a la fecha, así como en el plan de acción de la PPCCA.

Figura 7. Etapas y resultados de una adecuada gestión de la calidad del aire



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, DAASU, 2016.

A partir de los resultados obtenidos por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el proceso de seguimiento a la implementación de la reglamentación expedida en materia de calidad del aire y emisiones, así como del plan de acción de la PPCCA realizado a 2016, a continuación, se identifican los resultados de la gestión adelantada por las diferentes Autoridades Ambientales del país según las seis regiones que propone el Plan Nacional de Desarrollo.

1.2.1. Diagnósticos de la problemática de Contaminación del Aire

Las autoridades ambientales del país han adelantado estudios para identificar y evaluar las emisiones de contaminantes al aire que ha sugerido la normativa expedida por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, específicamente el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

- De las 42 Autoridades Ambientales regionales y urbanas del país, el 50% (21) han adelantado inventarios de emisiones atmosféricas por fuentes fijas.
- El 35,7% (15) de las Autoridades Ambientales han adelantado inventarios de emisiones atmosféricas por fuentes móviles.
- El 30,9% (13) de las Autoridades Ambientales han realizado modelización de la calidad del aire en el país.

Con la elaboración de diagnósticos (inventarios, modelación y campañas) y el seguimiento y control a las fuentes de emisión, se logra obtener información sobre las fuentes de emisión lo cual no solo es útil para definir la necesidad de implementar un sistema de vigilancia de la calidad del aire, sino para concertar acciones para la prevención y el control de emisiones con los sectores / actividades que las generan.

La articulación entre las Autoridades Ambientales y las instituciones académicas que podrían apoyar la identificación y evaluación de fuentes de emisión es baja, siendo las instituciones académicas que ofertan programas ambientales las que en el marco de líneas de y proyectos de investigación en el tema o trabajos de grado en los que se podrían operativizar gran parte de las acciones en las que la Autoridad Ambiental debe avanzar pero que por falta de personal y bajo presupuesto no ha iniciado.

Entre las principales barreras identificadas para la generación de los estudios de diagnóstico de Calidad del Aire se encuentran:

- Algunas Autoridades Ambientales apuntan a iniciar la gestión de la calidad del aire con la implementación de una estación de medición, sin desarrollar previamente las herramientas establecidas por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la normativa expedida para adelantar diagnósticos (inventarios, modelación y campañas), logrando evaluar si realmente se presenta una problemática de contaminación del aire y si se requiere o no la implementación de estaciones (numero, contaminantes a evaluar según las fuentes y ubicación de las mismas).

- El país no cuenta con evaluaciones periódicas de la ubicación y operación de las estaciones de monitoreo actual, en función de los criterios establecidos por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado en el año 2010. La mayoría de estas continúan operando de la misma forma desde su instalación mucho antes del año 2010, lo que de alguna manera pone en duda la representatividad, la calidad y la confiabilidad de la información. A la fecha, solo en el año 2013 el IDEAM realizó tal evaluación a algunos de los sistemas de vigilancia implementados para la época.

- La mayoría de las Autoridades Ambientales reconocen los reportes de las concentraciones de contaminantes registradas por las estaciones de monitoreo de calidad del aire ya sea manuales o automáticas como la única fuente de información para la toma de decisiones.

- En algunos casos la alta dirección de la Autoridad Ambiental no tiene dentro de sus prioridades el fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire ya que los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire implementados registran el cumplimiento de los estándares establecidos por la norma nacional por lo que consideran que no hace falta evaluar y ampliar la cobertura en la medición, ni la actualización de los diagnósticos, o el desarrollo de acciones para reducir las emisiones.

1.2.2. Planeación de acciones para la reducción de la contaminación del aire

Las Autoridades Ambientales Regionales y Urbanas han adelantado diferentes acciones para prevenir y controlar la contaminación del aire. Sin embargo, son pocas las Autoridades que lo han realizado en el marco de un plan o programa para la reducción de la contaminación del aire, siendo a nivel nacional los siguientes:

- En Bogotá - Plan decenal de descontaminación del aire (Decreto 98 de 2011): En el marco de este se han promovido proyectos asociados a mejorar el desempeño ambiental del transporte público individual y colectivo en la ciudad:
 - i. Operación Piloto de 50 Taxis Eléctricos (primero en sur américa).

- ii. Programa de Conducción Eficiente “EcoConducción”.
 - iii. Plan de Ascenso Tecnológico para el Sistema Integrado de Transporte Público.
 - iv. Reemplazo de los buses de la fase I del sistema Transmilenio por buses de nuevas tecnologías.
 - v. Establecimiento de infraestructura para transporte no motorizado (ciclorutas y ciclocarriles).
 - vi. Fortalecimiento de las redes de monitoreo de calidad del aire.
 - vii. Uso de sistemas de control de emisiones en los procesos productivos.
 - viii. Conversión de carbón a gas natural.
 - ix. Formalización de industrias.
- En Medellín - Plan de descontaminación del aire para la región Metropolitana del Valle de Aburrá (Acuerdo Metropolitano N°08 del 25 de marzo de 2011): En el marco de este plan se ha avanzado en:
- i. Fortalecimiento del sistema de transporte público del Valle de Aburrá que incluye: Metro, Metroplus, cable, sistema de bicicletas públicas, tranvía.
 - ii. Implementación de planes empresariales de movilidad sostenible en entidades públicas y privadas: teletrabajo, comparte tu carro, flexibilidad horaria, motivación de movilización no motorizada.
 - iii. Promoción de lineamientos a las entidades de planeación de los municipios para el adecuado uso del territorio, buscando disminuir las necesidades de transporte.
 - iv. Fortalecimiento de las redes de monitoreo de calidad del aire.
 - v. Acompañamiento técnico a las industrias para la implementación de sistemas de control de emisiones. Este plan actualmente se encuentra en proceso de actualización a través del Plan Integral para la Gestión de la Calidad del Aire - PIGECA.
- En la zona minera del Cesar se implementa el Programa de reducción de la contaminación para las áreas-fuente de contaminación clasificadas el cual es liderado por la Autoridad Ambiental de la zona – CORPOCESAR (Resolución 2176 de 2007). Este programa contempla las siguientes medidas:
- i. Capacitación a la población y empleados de las empresas mineras en temas relacionados con la contaminación atmosférica, incluyendo la información y habilidades mínimas necesarias para prevenir los efectos nocivos de la contaminación del aire.
 - ii. Control de las emisiones mediante la pavimentación de vías dentro y en los alrededores de los asentamientos humanos, control de velocidad en vías, control de emisiones al interior de las empresas.
 - iii. Restricción al inicio de nuevas fuentes.
 - iv. Fortalecimiento de la red de monitoreo de calidad del aire.
 - v. Aplicación de un modelo regional de dispersión de partículas.
- Por su parte CORPOBOYACÁ en conjunto con la Gobernación de Boyacá y con el apoyo de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha venido implementando desde el año 2013, uno de los proyectos más efectivos en lo que a reducción de emisiones en el país se refiere, y es la erradicación de fuentes contaminantes en el Valle de Sogamoso en el cual se realizó la eliminación de emisiones contaminantes de los hornos de producción de ladrillo y cal en los municipios de que conforman el Valle de Sogamoso con el fin de erradicar al menos de 150 de las fuentes de contaminantes de un total de 600 hornos, bajo el esquema de pago por servicios ambientales por un valor de \$26.000.000 por beneficiario.
- Finalmente, se encuentra en proceso de formulación, el DAGMA en la ciudad de Cali (Programa Aire Limpio) en colaboración con el Clean Air Institute. De igual manera, COPORGUAJIRA desarrolla un plan integral para la gestión de la calidad del aire en los municipios del área de influencia de las actividades de minería de carbón, transporte y manejo en puerto en el departamento.

Las principales barreras encontradas para la planeación de acciones para la reducción de la contaminación del aire son las siguientes:

- De acuerdo con los resultados del seguimiento al plan de acción de la PPCCA, algunas Autoridades Ambientales refieren que no cuentan con recursos ni personal capacitado para formular e implementar un programa de reducción de la contaminación del aire (CARDER, CORPOURABA, AMB, CORPOAMAZONIA, CRC y CVS). En cambio, CAR, CORPOBOYACÁ, CVC, DAGMA, CORPORINOQUIA y CORPOGUAJIRA afirman que se encuentran en su formulación. Mientras que CDMB, CORPOCHIVOR, CORPOGUAVIO, CORPOMOJANA, CDA, CORPOCALDAS, CAM, CRQ, CORPONARIÑO, CORANTIOQUIA, CORPAMAG, CORMACARENA y CAS indican que no es necesario formular un programa de reducción de la contaminación pues los niveles de contaminación del aire son bajos.
- Es preciso mencionar que el rol de las Autoridades Ambientales es generar la información que dé cuenta de la problemática ambiental de determinada área y promover el desarrollo de espacios para su socialización con los actores involucrados con el propósito de que se tomen las acciones correspondientes. Sin embargo, en la mayoría de los casos las Autoridades Ambientales centran sus esfuerzos en el monitoreo de la calidad del aire y el seguimiento y control a fuentes de emisión, y en ocasiones de manera parcial, siendo este un medio para evaluar una problemática ambiental pero no el fin de su gestión, de allí que el número de espacios de coordinación entre la Autoridad Ambiental, las Entidades Territoriales y el sector regulado para la incorporación de la variable aire en el ordenamiento del territorio sea baja y que no se hayan obtenido resultados significativos en todas las regiones del país, pues muchos de estos no se mantienen en el tiempo además del bajo compromiso de algunas de las entidades participantes en tales espacios.
- No solo con la información que procede de las estaciones de medición de la calidad del aire se pueden tomar decisiones, los diagnósticos sobre el origen de los contaminantes, su

comportamiento o distribución en la atmósfera y los impactos asociados; los resultados del seguimiento y control a las fuentes de emisión, y los datos contenidos en los informes de mediciones reportados a la Autoridad Ambiental y a la ANLA, así como la registrada en el Registros Único Ambiental - RUA, por parte del sector regulado, son otras de las fuentes de información que pueden aportar insumos para evidenciar la problemática y respecto a ello, la toma de decisiones. Sin embargo, esta información no es socializada ni promovida entre los actores involucrados (Entidades Territoriales y sector regulado) en los espacios de articulación que se han conformado.

- La falta de recursos es una gran limitante para la generación, promoción y fortalecimiento de espacios de articulación de actores para la toma de decisiones, según argumentan las Autoridades ambientales. Sin embargo, la presentación de proyectos para la obtención de recursos para la gestión de la calidad del aire y el ruido ante el Fondo de Compensación Ambiental y Fondo Nacional Ambiental entre otras fuentes de financiación nacional e internacional es muy baja. De acuerdo con la información suministrada por la Oficina Asesora de Planeación del Ministerio, existen recursos, pero estos no se ejecutan por la falta de propuestas y las presentadas carecen de soporte técnico en algunos casos.
- La Autoridad Ambiental refiere que en ocasiones solo se dispone de una persona para adelantar mediciones de calidad del aire; atender quejas de ruido, olores y emisiones; mediciones de ruido; y seguimiento y control a fuentes de emisión, y no les es posible promover estos espacios para la socialización de la información generada y la toma de decisiones, así como para formular proyectos para acceder a recursos.

1.2.3. Acceso y divulgación de la información:

La información sobre calidad del aire, así como a la información de emisiones en el país es reportada en el Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC a través de los subsistemas de información relacionados en la siguiente tabla.

Tabla 1. Subsistemas de información de calidad del aire y emisiones en Colombia

| Subsistema | Información a reportar | Alimentado por: | Administrado por: | Disponible a diferentes usuarios |
|--|--|---|---|---|
| Subsistema de Información de Calidad del Aire SISAIRE | Mediciones de calidad del aire, meteorológicas y de ruido (Res.651/10) | Autoridades Ambientales | IDEAM | Si |
| Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR cuyo instrumento de captura de información es el Registro Único Ambiental – RUA | Datos de establecimientos generadores de emisiones al aire, características del proceso, emisiones a la atmósfera, procedimiento de medición, calibración de equipos, dispositivos de control de emisión, entre otros (Res.941/09) | -Establecimientos manufactureros que requieran permiso de emisiones -Fuentes fijas que cuenten con estándares de emisión en la Res. 909/08 pese a no requerir permiso de emisiones | Autoridades Ambientales validan y transmiten datos al IDEAM (administrador) | No, solo a Autoridades Ambientales (información regional) y al IDEAM (información Nacional) |

Fuente: "Acciones estratégicas para el mejoramiento de la Información de calidad del aire y ruido ambiental en Colombia" (CPS 136 de 2016 DAASU – MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Respecto a la información relacionada en la tabla anterior se ha identificado que en el país ninguno de los subsistemas relacionados en la tabla anterior permite el cargue y consulta de la siguiente información:

- Diagnósticos preliminares con información secundaria (clima, cartografía, salud, movilidad, actividades económicas)
- Inventarios de emisiones (fijas y móviles)
- Estudios meteorológicos
- Campañas de monitoreo de contaminantes
- Modelización de la calidad del Aire
- Registros de operativos en vía y en concesionarios
- Revisión técnico mecánica en Centros de diagnóstico automotor
- Resultados de actividades de seguimiento y control
- Acciones para la prevención, mitigación y control de la contaminación del aire, así como el resultado de su ejecución

Por su parte, varias Autoridades Ambientales del país que implementan alguna estrategia para divulgar o facilitar el acceso a la información sobre contaminación del aire, siendo el SISAIRE la fuente oficial de información de calidad del aire a nivel nacional.

Sin embargo, existen varios portales web locales y regionales que facilitan la divulgación a nivel local, siendo

las páginas web implementadas por la SDA y el AMVA, las únicas que permiten la consulta y descarga de las concentraciones de contaminantes del aire en tiempo real.

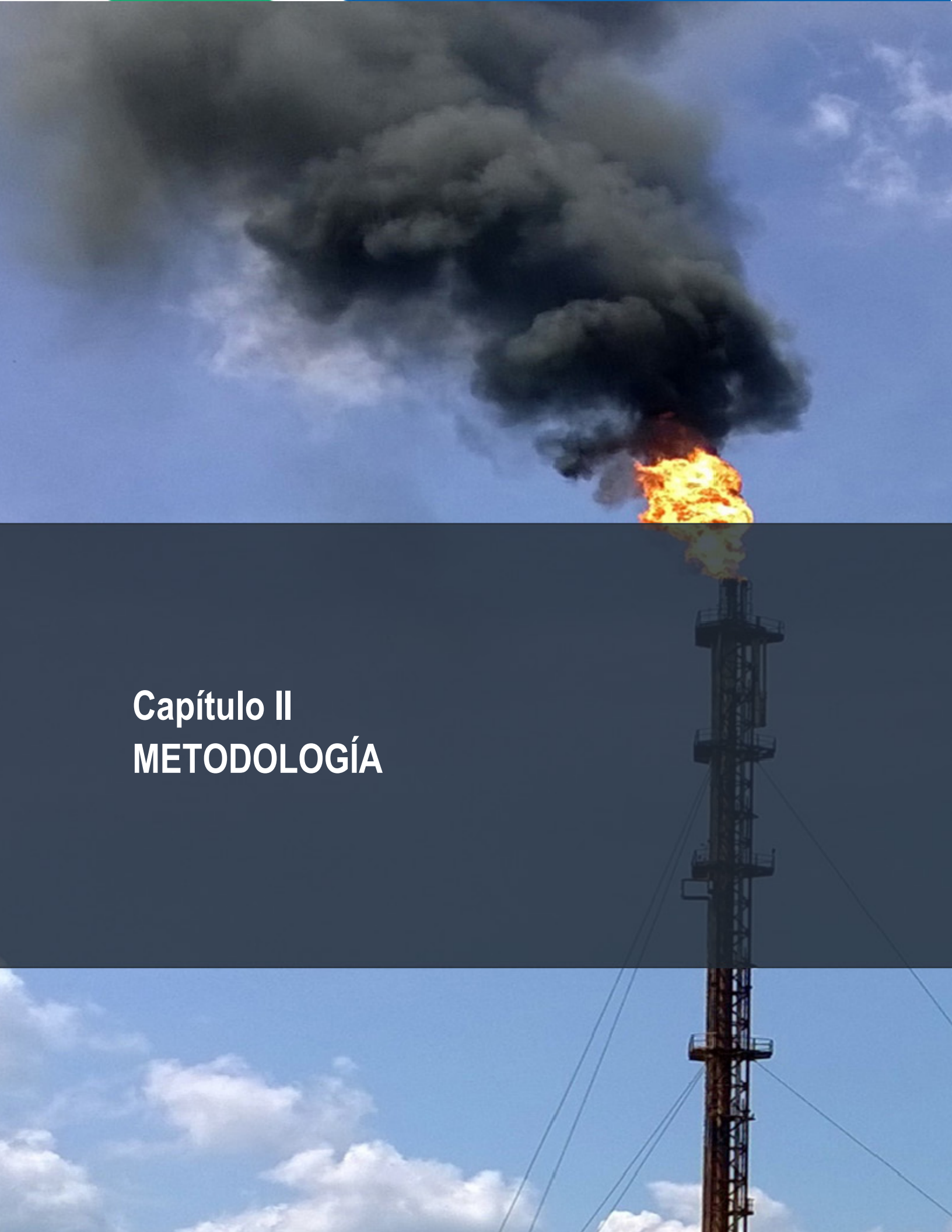
En cuanto a la información de las mediciones de emisiones y de calidad del aire que reporta el sector regulado a la Autoridad Ambiental a través de los informes de evaluación de emisiones, así como la reportada en el RUA, además de la obtenida en los operativos en vía o en concesionarios a vehículos, no está registrada sistemáticamente en ninguna herramienta y en la mayoría de los casos no se les realiza ningún tipo de análisis por parte de la Autoridad Ambiental o por la ANLA, de modo que a partir de esta se identifiquen los sectores o actividades que tienen dificultad para cumplir la norma o que estén cerca de su incumplimiento, y de esta forma identificar las acciones que podrían promoverse entre los diferentes actores para prevenir y controlar las emisiones de contaminantes al aire lo que incluye al ruido, a través de mesas de trabajo.

Otro medio de acceso y divulgación a la información son las páginas web de algunas de las Autoridades Ambientales del país, sin embargo, la información divulgada no está estandarizada, algunas publican más información que otras, y la mayor parte de la información disponible hace referencia las mediciones de calidad del aire, pero no a la evaluación de las fuentes de emisión o de las medidas promovidas para la prevención y el control.

Por otra parte, la información de los subsistemas de información como SISAIRE ni las páginas web de las Autoridades Ambientales no está dirigida a todos los tipos de población (ejemplo: personas con discapacidad visual), adicionalmente no se encuentra en un lenguaje que la ciudadanía en general o la población infantil comprenda, ya que se emplea un lenguaje muy técnico.

Por último, algunas Autoridades del país divulgan parte de las acciones adelantadas a través de comunicados en las páginas web institucionales, prensa, canales regionales y radio, sin embargo, no está estandarizada la frecuencia de su reporte, solo en los casos en los que se realizan jornadas de medición de calidad del aire y ruido en los días de no carro o por operativos realizados, por la implementación de una nueva estación de calidad del aire, la elaboración de mapas de ruido o por la compra de equipos de medición.





Capítulo II METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

Durante el desarrollo de los diferentes ciclos biogeoquímicos se produce la emisión de diferentes sustancias a la atmósfera, las cuales se encuentran en equilibrio por la continua interacción entre los procesos bióticos y abióticos que se producen en un ecosistema. El desarrollo de actividades antropogénicas ha alterado la composición y cantidad en la cual las diferentes sustancias se encuentran en la atmósfera, alterando el equilibrio natural, y produciendo una problemática local, regional y global con el potencial de afectar la salud de los ciudadanos y el bienestar de los ecosistemas.

Ante la creciente problemática, se han expedido diversos instrumentos normativos con el fin de realizar el diagnóstico de la calidad del aire. Entre las diferentes herramientas, se encuentra la realización de inventarios de emisiones, modelizaciones de calidad del aire, estudios meteorológicos, campañas preliminares y la implementación de sistemas de vigilancia.

La aplicación de estos instrumentos, permite a la autoridad ambiental formular, implementar y ejecutar medidas estratégicas con el fin de evaluar y controlar la contaminación atmosférica. De este modo, el seguimiento y monitoreo de la calidad del aire es una estrategia que permite a las Autoridades Locales y Regionales conocer los niveles de contaminación atmosférica que se presentan en su jurisdicción, con el objetivo de proteger la salud y el bienestar de la población y del ambiente.

Los lineamientos para realizar la evaluación y seguimiento de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos están contemplados en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, el cual estableció a nivel nacional los elementos conceptuales para el diseño y operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales y de las Autoridades Ambientales Urbanas, quienes son los responsables del diagnóstico, diseño, instalación, operación y mantenimiento de los diferentes equipos a través de los cuales se evalúan los contaminantes atmosféricos. De igual manera, son responsables de las operaciones de recolección, custodia, validación, análisis, transmisión y divulgación de los datos generados por su sistema de vigilancia.

Por otra parte, y paralelo a la adopción del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, realizó la creación del Subsistema de Información sobre Calidad del

Aire - SISAIRE, con el fin de realizar la captura, análisis y divulgación de los datos meteorológicos, de sustancias contaminantes en la atmósfera y del ruido ambiental. De este modo, el SISAIRE es la fuente principal de información para el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales en prevención y control de la contaminación del aire.

La administración y operación de este Subsistema de información fue delegada al IDEAM, quien como entidad encargada de dar soporte técnico a las diferentes entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental (SINA), realiza el soporte técnico y temático a las diferentes Autoridades Ambientales, que cuentan o deben implementar Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) en su jurisdicción, en las etapas de diseño, validación, reporte y divulgación de los datos, garantizando de este modo la trazabilidad y calidad de la información.

Para la generación de reportes nacionales, de estudios e investigaciones que permitan conocer el estado del recurso y poner a disposición la información sobre calidad del aire a la ciudadanía en general, el IDEAM realiza constantemente el seguimiento a la información reportada por parte de las Autoridades Ambientales que poseen sistema de vigilancia registrado en el aplicativo.

De igual manera, se realiza la verificación estadística, espacial y temporal de la información reportada, por variable y por estación de monitoreo, con el fin de detectar y corregir, en un proceso constructivo e iterativo con las Autoridades Ambientales, posibles inconsistencias de los datos reportados; de este modo, se garantiza la consistencia, coherencia, confiabilidad y validez de la información.

Este proceso es posible gracias a la estandarización y semiautomatización de la operación estadística a través de la cual se realiza la consolidación y análisis de la base de datos anual del SISAIRE; para ello se emplea un código estadístico, diseñado en el entorno y lenguaje de programación R, el cual permite realizar diversos análisis relacionados con la gestión operativa, funcional y estadística de cada sistema de vigilancia de calidad del aire por variable y por estación de monitoreo.

Entre dichos análisis, se encuentra la cantidad de puntos y equipos de monitoreo existentes en cada sistema de vigilancia, lo cual permite determinar la cobertura espacial del muestreo, las variables priorizadas y la tecnología

empleada por parte de la autoridad ambiental para realizar la evaluación de la contaminación.

Posteriormente, los datos son analizados para determinar la representatividad temporal de cada una de las series, con el fin de determinar la cantidad de datos válidos obtenidos por el sistema de vigilancia comparado con la cantidad ideal que debería obtenerse en condiciones normales de operación. Para cualquier sistema de vigilancia, el Protocolo para el monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire estableció un cumplimiento mínimo del 75%, con el fin de garantizar que el promedio de los datos representa de una manera precisa y exacta el estado de la calidad del aire circundante a una estación de monitoreo. Porcentajes inferiores al exigido, indican la presencia de dificultades en la operación y gestión del Sistema de Vigilancia, por parte de la Autoridad Ambiental. En el procedimiento de cálculo de la representatividad temporal, es de gran relevancia destacar que el número total de datos posibles por parte de un analizador en el año, depende de la tecnología de medición del equipo y de la periodicidad de monitoreo seleccionada por parte de la Autoridad Ambiental. Por lo general, los equipos de muestreo automático, realizan un reporte de datos horario, mientras que, los equipos con tecnología manual o semiautomática reportan datos con frecuencia diaria, cuya periodicidad varía entre 1, 2 o 3 días, según la estrategia de muestreo y periodicidad seleccionada por parte de la Autoridad Ambiental.

Una vez los datos son validados se realiza la evaluación de cumplimiento de los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010, y se evalúan las tendencias temporales de cada contaminante en función de los tiempos de exposición. De este modo, los datos obtenidos por analizadores automáticos permitieron calcular y comparar las concentraciones con tiempos de exposición de 1 hora, 3 horas, 8 horas y 24 horas. Por su parte, los registros reportados por equipos manuales, únicamente permitieron la obtención de registros diarios. Para realizar la comparación con los niveles máximos permisibles establecidos para un tiempo de exposición anual, se calcularon los respectivos promedios a partir de los datos diarios.

De igual manera, y con el objetivo de evaluar los potenciales efectos de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en la salud de la población se realizó el cálculo del Índice de Calidad del Aire, el cual relaciona los niveles de calidad del aire con un nivel de potencial de afectación a la salud al cual se le asigna una de seis posibles categorías de color, a través de los cuales

se determinan de manera indicativa los posibles efectos y a partir de la cual se realizan una serie de recomendaciones; a mayor valor del índice mayor potencial tiene una sustancia de ocasionar daños en la salud. Este índice se encuentra regulado a través del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Adoptado a través de la Resolución 650 de 2010), y contempla en su cálculo seis de los siete contaminantes criterio (O_3 , PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , SO_2 y NO_2).

Debido a la importancia de conocer las tendencias y cambios de las concentraciones a través del tiempo, se presenta la evolución temporal de los diferentes contaminantes atmosféricos para el periodo 2011 – 2016, así como de los niveles de excedencia de los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010, lo cual permite observar los cambios positivos y negativos de las diferentes concentraciones, permitiendo evaluar de este modo la gestión y efectividad de las medidas implementadas por parte de la Autoridad Ambiental para prevenir y controlar la contaminación en su jurisdicción.

Adicionalmente, se realiza la evaluación del indicador de seguimiento contemplado en la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, el cual busca evaluar el Porcentaje de estaciones de calidad del aire que reportan cumplimiento de norma de calidad del aire en el país, para lo cual se presentan los resultados globales, por contaminante y por autoridad ambiental.

Posteriormente, se presentan las tendencias indicativas en las estaciones de monitoreo que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75%, pero que cuentan con el número suficiente de muestras para informar a la población circundante sobre el estado de la calidad del aire en su ciudad o región. Además, estas tendencias indicativas, pueden servir como alerta a la Autoridad Ambiental, sobre zonas y áreas específicas donde se vienen presentando problemas de contaminación atmosférica.

Debido a la notable influencia de la meteorología en la dispersión, concentración y transporte de los contaminantes atmosféricos, se incluye un análisis, donde se realizó el cruce de las concentraciones obtenidas por contaminante y por estación de monitoreo, con variables meteorológicas, permitiendo detectar horarios y periodos con mayor afectación y posibles fuentes generadoras de contaminación.

Finalmente se realiza un análisis comparativo de las concentraciones que presentaron los contaminantes atmosféricos durante el año 2016, frente a los nuevos niveles máximos permisibles planteados por la Resolución 2254 de 2017 que entrarán en vigencia a partir del 1 de enero de 2018, y con los niveles máximos permisibles reglamentados a partir del 1 de enero de 2030, lo cual

permitirá a las Autoridades Ambientales y a los Gobiernos Locales y Regionales, visualizar su situación actual y proyectar las medidas que deberán implementar en su jurisdicción, para cumplir con los niveles objetivo planteados en la norma, los cuales son correspondientes con los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados para el año 2030.

Figura 8. Metodología para la elaboración del Informe de Estado de la Calidad del Aire 2016





Capítulo III
ORIGEN Y EFECTOS DE LOS
CONTAMINANTES CRITERIO

ORIGEN Y EFECTOS EN LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO

La Organización Mundial de la Salud –OMS establece que *existe contaminación del aire cuando en su composición aparecen una o varias sustancias extrañas, en tales cantidades y durante periodos de tiempo, que pueden resultar nocivas para el hombre, los animales, las plantas o las tierras, así como perturbar el bienestar o el uso de los bienes* (OMS, 2014).

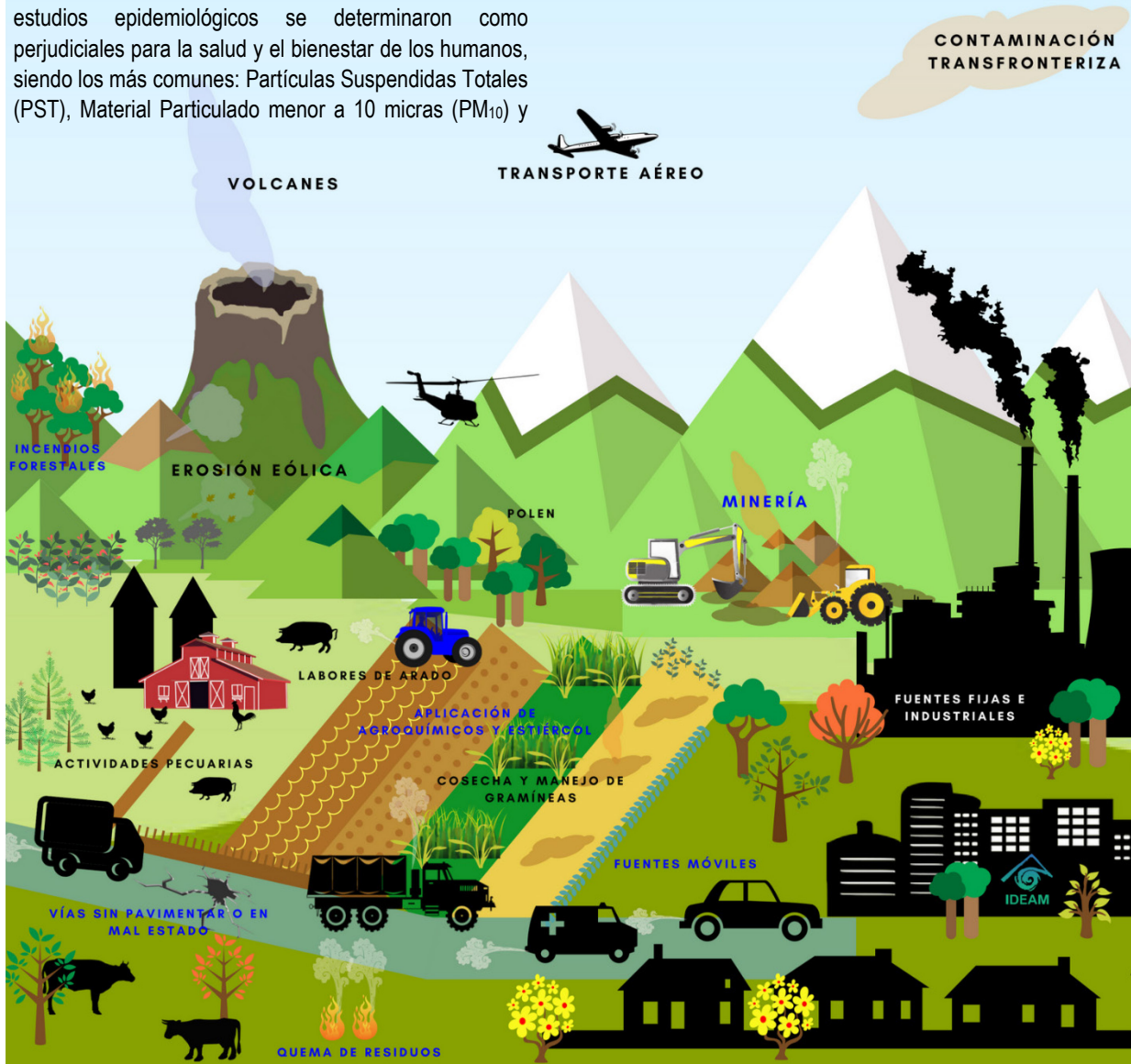
Las sustancias que se introducen en el aire, tienen diversos orígenes y composición, y se han clasificado según sus efectos en la salud o en el ambiente como: criterio, tóxicos o peligrosos y de efecto invernadero.

Las sustancias objeto del presente informe son los contaminantes criterio, los cuales a través de diversos estudios epidemiológicos se determinaron como perjudiciales para la salud y el bienestar de los humanos, siendo los más comunes: Partículas Suspensas Totales (PST), Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀) y

Material Particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Dióxido de Azufre (SO₂), Ozono troposférico (O₃) y Monóxido de Carbono (CO).

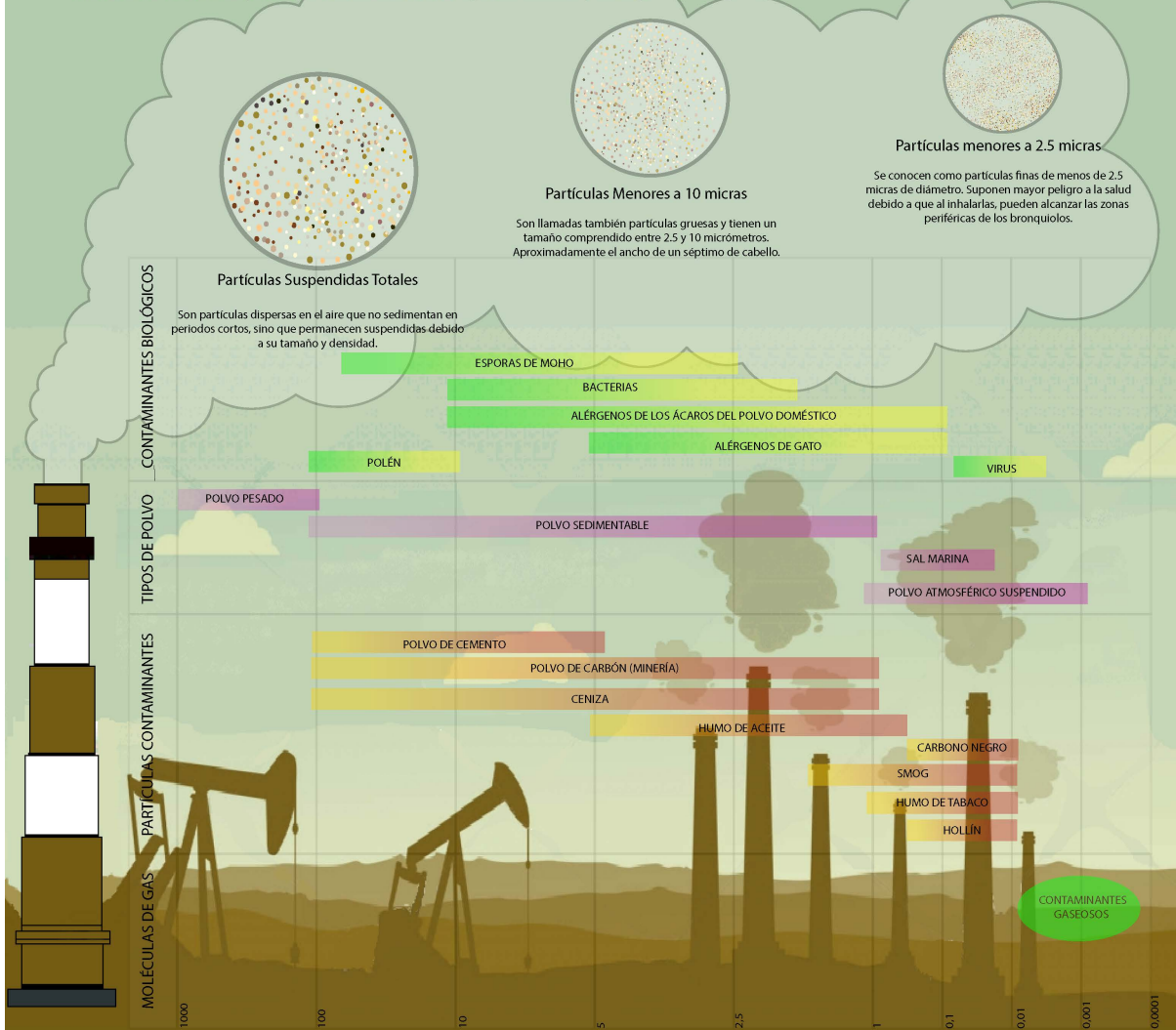
El origen de estas sustancias es diverso, ya que pueden ser emitidas a la atmósfera a partir de fuentes naturales como erupciones volcánicas, incendios forestales, erosión del suelo, procesos de polinización, entre otros, que son propios de la dinámica terrestre. También existen emisiones por el desarrollo de actividades antropogénicas tales como los procesos de utilización de combustibles fósiles en la industria y en el transporte, el desarrollo de actividades mineras, el uso de fertilizantes, las labores de arado y la quema de residuos al aire libre.

Por sus reconocidos efectos en la salud estos contaminantes pueden clasificarse como material particulado y gases.



MATERIAL PARTICULADO

Es una mezcla bastante compleja de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire, que varían en tamaño, forma y composición. Según su tamaño, se clasifican en Partículas Suspensas Totales, Partículas Menores a 10 micras (PM10) o Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5).

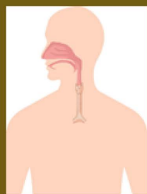


Diversos estudios epidemiológicos realizados a nivel mundial, han demostrado que el material particulado no es un factor causal directo de enfermedad o mortalidad respiratoria aguda sino un factor asociado, que en combinación con otros factores produce un aumento de las enfermedades respiratorias*, y cuyo riesgo para el individuo varía en función de las condiciones fisiológicas, de la edad (niños menores a 5 años y mayores a 65 tienen mayor prevalencia) y de los antecedentes de enfermedad cardiorespiratoria.

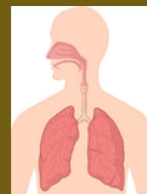
En Bogotá los estudios realizados por la SDS muestran que por cada 10 microgramos por metro cúbico que aumenta el material particulado, se puede incrementar hasta en un 20% las consultas por ERA en menores 5 años.



Fracción Inhalable
Iritación aguda de los ojos y de las vías respiratorias. Conjuntivitis irritativa y abrasiones en la córnea



Fracción Torácica
Reducción de la capacidad pulmonar y agotamiento respiratorio. Desarrollo de problemas respiratorios y cardiovasculares



Fracción Respirable
Puede desarrollar cardiopatías y neuropatías, así como enfermedades crónicas de obstrucción pulmonar. Agravan el asma y se asocian al desarrollo de diabetes.

GASES

Dióxido de Azufre

Gas incoloro que se forma a partir de la combustión de sustancias que contienen azufre, principalmente petróleo y carbón, así como de numerosos procesos industriales

Dióxido de Nitrógeno

En un proceso paralelo al SO_2 , el nitrógeno en los combustibles se convierte por combustión a altas temperaturas a óxidos de nitrógeno, NO_x , que corresponden a la suma de NO_2 y NO

Monóxido de Carbono

Se forma a partir de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Este es un caso común donde una proporción del carbón se oxida solamente a monóxido de carbono, mientras que la combustión completa conduce a la formación de dióxido de carbono.

Ozono

Es un gas que no se emite directamente por fuentes primarias. Se produce a partir de reacciones fotoquímicas en presencia de radiación solar y precursores, tales como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV).

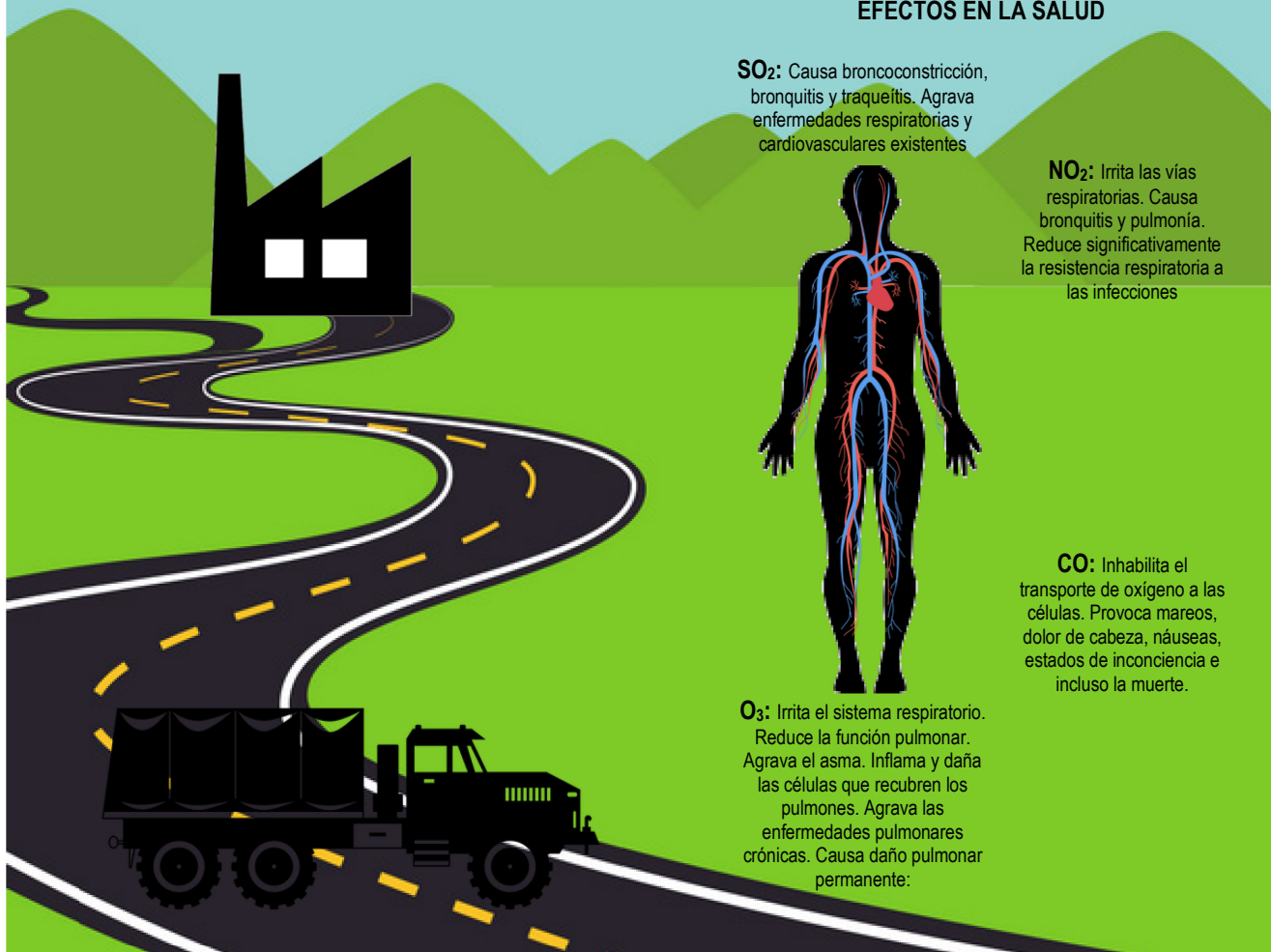
EFFECTOS EN LA SALUD

SO_2 : Causa broncoconstricción, bronquitis y traqueítis. Agrava enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes

NO_2 : Irrita las vías respiratorias. Causa bronquitis y pulmonía. Reduce significativamente la resistencia respiratoria a las infecciones

CO : Inhabilita el transporte de oxígeno a las células. Provoca mareos, dolor de cabeza, náuseas, estados de inconciencia e incluso la muerte.

O_3 : Irrita el sistema respiratorio. Reduce la función pulmonar. Agrava el asma. Inflama y daña las células que recubren los pulmones. Agrava las enfermedades pulmonares crónicas. Causa daño pulmonar permanente.



3.1 Medición de contaminantes criterio

La evaluación de los contaminantes criterio se realiza a través de equipos especializados, que cuentan con métodos y principios de detección de referencia o equivalentes para cada una de las sustancias. Estos métodos y principios han sido avalados y reconocidos por agencias gubernamentales internacionales y por la comunidad científica, lo cual garantiza la certeza, robustez y confiabilidad de las mediciones de calidad del aire.

Teniendo en cuenta lo descrito en el numeral 6.5.2. del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, las diferentes técnicas de medición se clasifican en pasivos, activos (manuales o semiautomáticos), automáticos y sensores remotos. Sin embargo, a nivel nacional por sus costos y alta confiabilidad los equipos que se han implementado son de tecnología activa y automática.

Los equipos con tecnología manual realizan el muestreo in situ a través de métodos físicos o químicos para un posterior análisis en laboratorio, lo cual permite obtener mediciones diarias que permiten a la Autoridad Ambiental conocer el estado de la calidad del aire en determinados puntos de interés. Sin embargo, este tipo de equipos, además de requerir una logística compleja para su operación, no permiten tomar decisiones oportunas ante una situación o estado de emergencia, lo cual se constituye en su principal desventaja.

Por su parte, los equipos semiautomáticos cuentan con mejoras mecánicas y electrónicas con el fin de mejorar la calidad del dato y reducir la incertidumbre en las mediciones. No obstante, y al igual que los equipos manuales, requieren de un análisis posterior a la muestra, por lo que la oportunidad de entrega de la información no es la más adecuada para la toma de decisiones.

En cuanto a los equipos con tecnología automática, cuentan en su interior con elementos capaces de analizar la muestra y producir un dato en tiempo real, el cual se reporta inmediatamente al público y a los operadores del Sistema de Vigilancia, quienes, tras un proceso de validación, pueden tomar decisiones oportunas sobre el estado de la calidad del aire en su ciudad o región, definiendo las estrategias y medidas de prevención, control y atención de episodios de contaminación.

3.2 Unidades de reporte para calidad del aire

Según lo establecido en la Resolución 610 de 2010, las mediciones de la calidad del aire o de nivel de inmisión, se notifican como concentraciones medias horarias,

octohorarias, diarias o anuales, expresada en microgramos (μg) por metro cúbico (m^3) de aire.

Sin embargo, a nivel nacional muchos reportes se continúan realizando en miligramos por metro cúbico (mg/m^3), partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb), razón por la cual es necesario que las Autoridades Ambientales realicen las correspondientes conversiones, teniendo en cuenta las condiciones de presión y temperatura locales y de referencia, con el fin de informar clara y correctamente a la población, sobre los niveles de calidad del aire que se presentan en una estación de monitoreo.

3.3 Niveles máximos permisibles en Colombia


Los niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio se encuentran regulados por la Resolución 610 de 2010, la cual establece los niveles máximos de inmisión a nivel nacional. Esta norma atiende a publicaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud – OMS, entidad que ha promulgado una serie de recomendaciones orientadas a proteger la salud pública, las cuales se basan en los resultados de múltiples estudios epidemiológicos.

A partir de dichos estudios, la OMS estableció unos valores guía, en los cuales la morbilidad y mortalidad ocasionada por factores asociados a la calidad del aire disminuye. Sin embargo, y teniendo en cuenta que cada país cuenta con una capacidad económica, política, social, e institucional diferente, la OMS definió varios niveles objetivo, para que los países, de acuerdo a su nivel de desarrollo y a su propia capacidad, avancen en relación con la gestión de la calidad del aire.

De este modo, la normativa actual establecida en la Resolución 610 de 2010, es correspondiente con el objetivo intermedio – 2 de la Organización Mundial de la Salud, tal como se observa a continuación:

Tabla 2. Normatividad de calidad del aire en Colombia vrs. Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

| Valores anuales – Exposición prolongada | | | | |
|---|------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|
| Contaminante | Res. 610 de 2010 | OMS Objetivo Intermedio – 2 | OMS Objetivo Intermedio – 3 | Valor Guía OMS |
| PST | 100 | - | - | - |
| PM ₁₀ | 50 | 50 | 30 | 20 |
| PM _{2.5} | 25 | 25 | 15 | 10 |
| SO ₂ | 80 | - | - | 20 |
| NO ₂ | 100 | - | - | 40 |
| Valores diarios – Exposición de corta duración – 24 horas | | | | |
| PM ₁₀ | 100 | 100 | 75 | 50 |
| PM _{2.5} | 50 | 50 | 37,5 | 25 |
| SO ₂ | 250 | - | - | - |
| NO ₂ | 150 | - | - | - |
| Valores octohorarios – Exposición de corta duración – 8 horas | | | | |
| O ₃ | 80 | - | - | 100 |
| CO | 10000 | - | - | - |

The image features a sunset over a cityscape. The sky is a gradient of orange and yellow, transitioning into a dark blue overlay where the title is placed. The city below is silhouetted against the bright sun, which is a large, glowing orange orb in the lower right corner. The buildings and trees are dark, with some white buildings standing out. A flagpole with a flag is visible in the middle ground.

Capítulo IV

ESTADO DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA

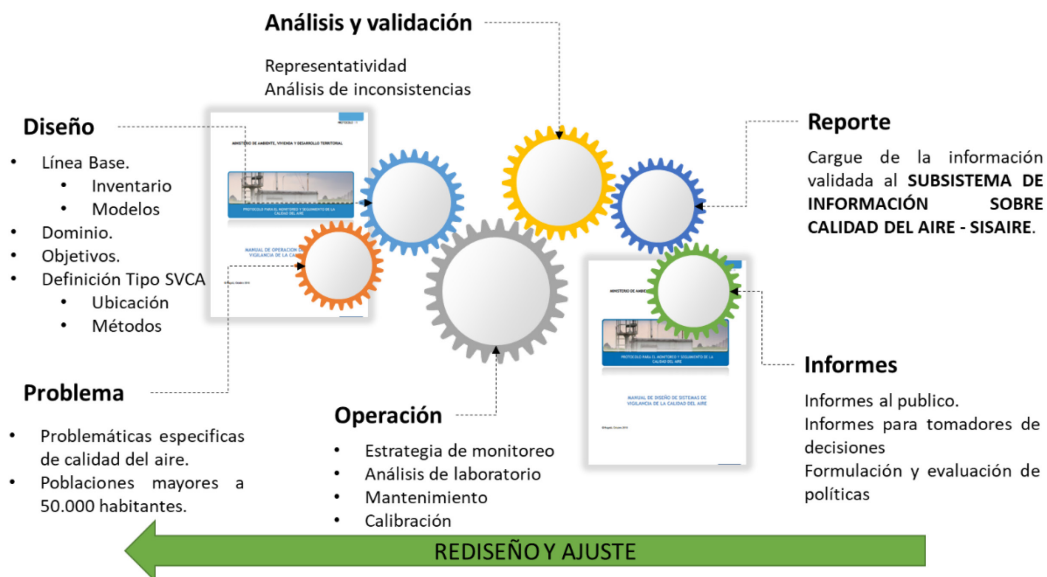
ESTADO DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA

La implementación de un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire en un municipio, se realiza por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos, como una estrategia para determinar el cumplimiento de las normas de calidad del aire, evaluar las estrategias de control y reducción implementadas, evaluar los riesgos para la salud humana y el ambiente, estudiar fuentes de emisión o atender quejas concretas, soportar investigaciones científicas, activar los procedimientos de control de episodios de contaminación y observar las tendencias de los contaminantes atmosféricos a mediano y largo plazo, lo cual permite la adopción de planes y proyectos que

atenúen, mitiguen o reduzcan las afectaciones ocasionadas por la contaminación atmosférica sobre la calidad del aire exterior.

Para dar cumplimiento a estos fines, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estableció los lineamientos para el diseño, implementación y operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire a través del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire¹, el cual contiene los requisitos y procedimientos que debe seguir la Autoridad Ambiental para realizar el diseño de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire y los subsiguientes procesos de operación, captura, análisis, procesamiento, validación, reporte y divulgación de la información sobre Calidad del Aire

Figura 9. Proceso de operación de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire en Colombia.



El tipo de Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire, y la complejidad del mismo, varía en función de la problemática asociada y del número de habitantes de cada municipio. Su implementación depende del análisis de estudios de salud, geográficos, climáticos, de los aspectos económicos, industriales y financieros, y de la estructura y tendencias del crecimiento demográfico. Por otra parte, el adecuado diseño depende de la realización de estudios específicos como inventarios de emisiones de fuentes fijas y móviles, de estudios meteorológicos específicos, de la

realización de campañas de monitoreo preliminares y de la ejecución de ejercicios de modelización específicos.

La adecuada ejecución de estos 4 estudios, solos o en conjunto, permite la identificación de los puntos críticos de contaminación, la tipificación de los contaminantes predominantes, las zonas de concentración y dispersión y la distribución espacial los mismos, lo cual facilita la selección de los puntos de monitoreo y la ubicación idónea de las estaciones.

¹ Adoptado mediante la Resolución 650 de 2010 y modificado mediante la Resolución 2154 de 2010 de Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible (antes Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

Tabla 3. Complejidad de un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire en Colombia según la normativa vigente.

| TIPO DE SVCA | INDICATIVO | BÁSICO | INTERMEDIO | AVANZADO | ESPECIAL | INDUSTRIAL |
|---------------------------|---|--|--|--|---|--|
| Población | Entre 50000 a 150000 | 150.000 a 500.000 habitantes. | 500.000 a 1.500.000 habitantes | Poblaciones mayores a 1.500.000 habitantes | Habitantes bajo la influencia de fuentes de gran magnitud (Siderúrgicas, zonas mineras, refinerías, zonas petroleras) | Por requerimiento de la autoridad ambiental a proyectos, obras o actividades |
| Tiempo de monitoreo | Mínimo 3 meses | Permanente | Permanente | Permanente | Permanente | Mínimo 18 muestras |
| Número de estaciones | Mínimo 2 estaciones | Mínimo 2 estaciones | Mínimo 3 estaciones de PM10 Mínimo una estación de PM2.5 Mínimo una estación de O ₃ . | Mínimo 4 estaciones de PM10 Mínimo 2 estaciones de PM2.5 Mínimo una estación de O ₃ . | Mínimo 2 | Mínimo 18 muestras |
| Parámetros a medir* | Mínimo PM10 | Mínimo PM10 | Mínimo PM10, PM2.5, Ozono | Mínimo PM10, PM2.5, Ozono | Depende del tipo de contaminantes emitidos | Mínimo PM10 |
| Periodicidad del muestreo | 24 horas, cada tercer día (mínimo 30 muestras) ** | Permanente (Analizador Automático) Cada tercer día (Analizador Manual o Semiautomático) | Permanente (Analizador Automático) Cada tercer día (Analizador Manual o Semiautomático) | Permanente (Analizador Automático) Cada tercer día (Analizador Manual o Semiautomático) | Permanente | Diario (época seca) Día de por medio (época lluvias) |

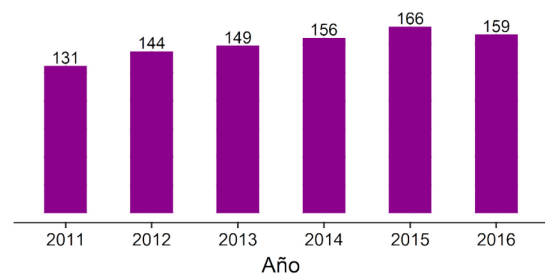
- * La inclusión de otros contaminantes dependerá de la revisión del tipo de fuentes presentes en el área y de las posibles sustancias emitidas.
- ** Requerirá monitoreo permanente del contaminante cuando los valores medidos en el monitoreo superen los estándares establecidos por la norma nacional de calidad del aire.

4.1 Localización y ubicación de los SVCA a nivel nacional

En cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire y con base en los reportes realizados por parte de las Autoridades Ambientales al Subsistema de Vigilancia sobre Calidad del Aire - SISAI, durante el año 2016, operaron 159 estaciones de monitoreo, distribuidas en 23 Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire. De estas estaciones, 142 fueron fijas y 17 indicativas.

En comparación con los años anteriores, el número de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire se incrementó, pasando de 19 en 2010, a 21 en 2015 y a 23 en 2016. Por su parte, el número de estaciones con respecto al año 2015, se redujo levemente al pasar de 166² a 159 estaciones.

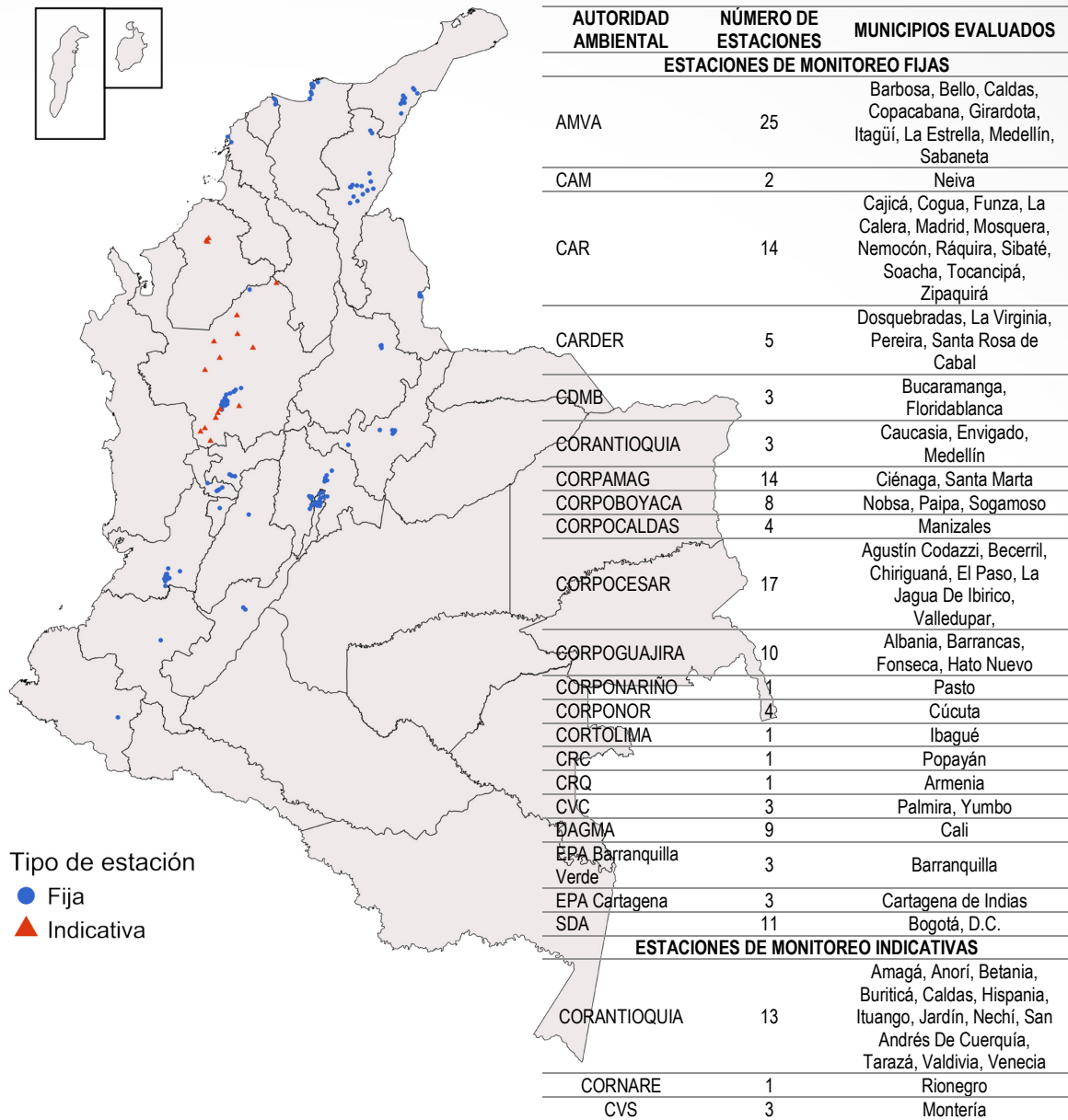
Figura 10. Número de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en Colombia en el periodo 2011 – 2016.



La distribución geográfica de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire abarcó 72 municipios y 19 departamentos con cobertura en las regiones Caribe, Andina y Pacífico. En general, las Autoridades Ambientales, vienen cumpliendo con los criterios poblacionales establecidos en el Protocolo, siendo las áreas con mayor densidad de estaciones fijas, las correspondientes al Área Metropolitana del Valle de Aburra, la Zona Minera del Cesar, el Distrito Capital, la Zona Minera de la Guajira, la Jurisdicción de la CAR y la ciudad de Santiago de Cali.

² Se ajusta el número de estaciones reportadas para el año 2015, debido a la inclusión del SVCA de EPA Cartagena.

Mapa 1. Sistemas de Vigilancia de la Calidad del aire en Colombia existentes en el 2016.



A pesar de la cobertura existente en el país, existen municipios que a pesar de cumplir con los criterios y de tener problemas específicos de calidad del aire, no cuentan con la cobertura de ninguno de los Sistemas de Vigilancia instalados a nivel nacional. También existen casos, en los que el Sistema de Vigilancia implementado no corresponde a la complejidad indicada en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, razón por la cual el monitoreo y seguimiento de este recurso podría no ser el adecuado.

Las dificultades más frecuentes que enfrentan las Autoridades Ambientales para la instalación del Sistema de Vigilancia, y la operación del número adecuado de estaciones se encuentran:

- Problemas presupuestales
- Alta rotación o falta de personal técnico especializado
- Ausencia o estudios de diagnóstico incompletos
- Dificultades Logísticas

Mapa 2. Municipios que deberían contar con Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire según los criterios de la normatividad colombiana vigente.

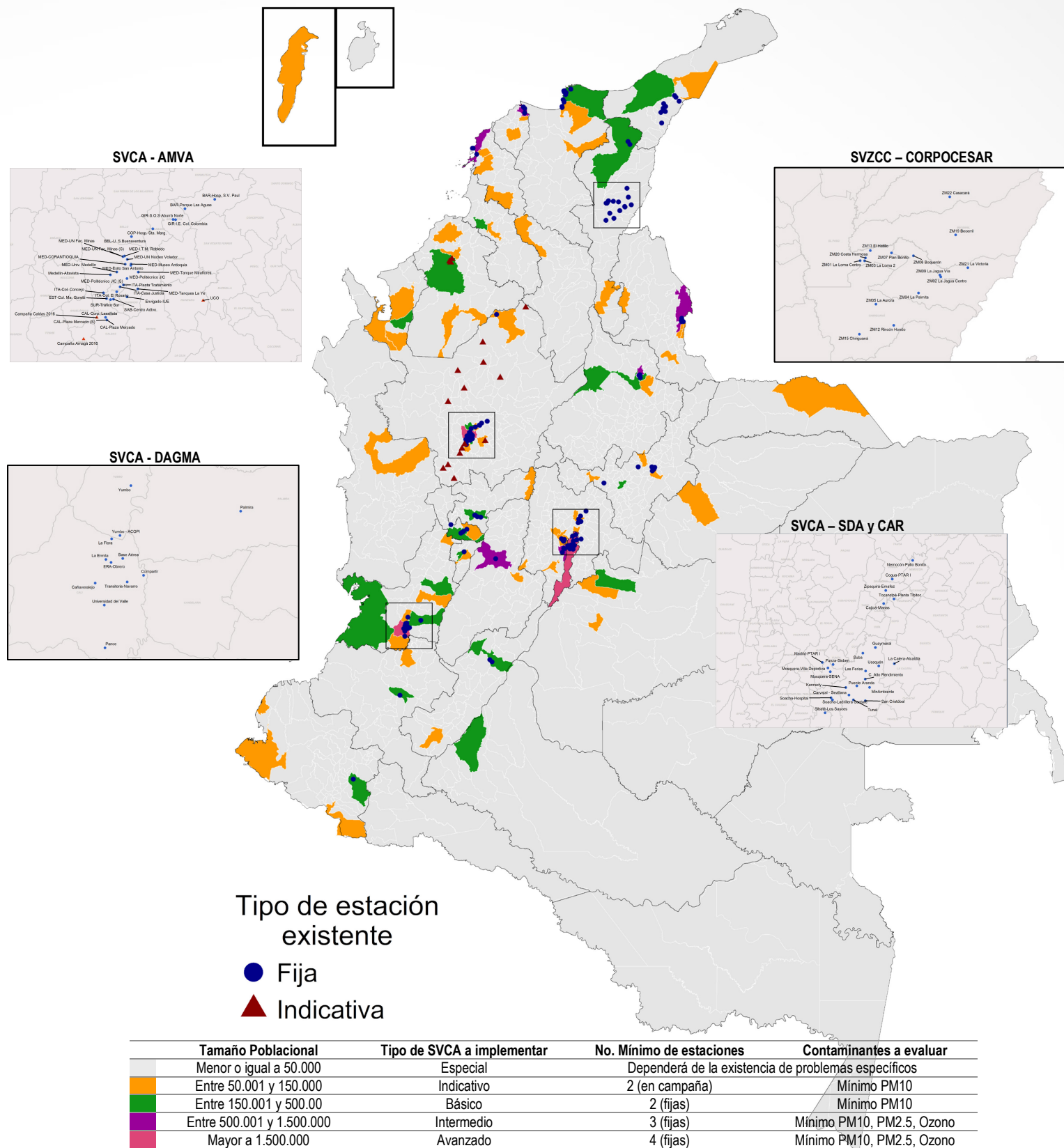


Tabla 4. Municipios que no cuentan con Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire a 2016.

| DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | POBLACIÓN CABECERA | TIPO DE SVCA A IMPLEMENTAR |
|----------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|
| Atlántico | Soledad | 631599 | Intermedio |
| Meta | Villavicencio | 471383 | Básico |
| Valle del Cauca | Buenaventura | 373717 | Básico |
| Sucre | Sincelejo | 261510 | Básico |
| La Guajira | Riohacha | 228749 | Básico |
| Valle del Cauca | Tuluá | 184899 | Básico |
| Boyacá | Tunja | 184125 | Básico |
| Santander | Barrancabermeja | 173417 | Básico |
| Santander | Girón | 166149 | Básico |
| Antioquia | Apartadó | 159174 | Básico |
| Caquetá | Florencia | 153978 | Básico |
| Valle del Cauca | Cartago | 131018 | Indicativo |
| Casanare | Yopal | 127720 | Indicativo |
| Santander | Piedecuesta | 125116 | Indicativo |
| Cundinamarca | Facatativá | 121608 | Indicativo |
| Atlántico | Malambo | 116189 | Indicativo |
| Nariño | San Andrés de Tumaco | 114533 | Indicativo |
| Cundinamarca | Fusagasugá | 110388 | Indicativo |
| La Guajira | Maicao | 109412 | Indicativo |
| Chocó | Quibdó | 108142 | Indicativo |
| Boyacá | Duitama | 103063 | Indicativo |
| Nariño | Ipiales | 102739 | Indicativo |
| Cundinamarca | Girardot | 102225 | Indicativo |
| Cundinamarca | Chía | 101724 | Indicativo |
| Valle del Cauca | Guadalajara de Buga | 99010 | Indicativo |
| Norte de Santander | Ocaña | 89779 | Indicativo |
| Norte de Santander | Villa del Rosario | 86633 | Indicativo |
| Bolívar | Magangué | 85972 | Indicativo |
| Valle del Cauca | Jamundí | 83230 | Indicativo |
| Cesar | Aguachica | 81990 | Indicativo |
| Atlántico | Sabanalarga | 81586 | Indicativo |
| Arauca | Arauca | 77687 | Indicativo |
| Huila | Pitalito | 76128 | Indicativo |
| Norte de Santander | Los Patios | 75206 | Indicativo |
| Caldas | La Dorada | 69504 | Indicativo |
| Antioquia | Chigorodó | 68385 | Indicativo |
| Bolívar | Turbaco | 67926 | Indicativo |
| Córdoba | Montelíbano | 65672 | Indicativo |
| Antioquia | Turbo | 65307 | Indicativo |
| Bolívar | El Carmen de Bolívar | 60708 | Indicativo |
| Quindío | Calarcá | 59986 | Indicativo |
| Meta | Acacias | 59528 | Indicativo |
| Tolima | Espinal | 58444 | Indicativo |
| Bolívar | Arjona | 58087 | Indicativo |
| Boyacá | Chiquinquirá | 56894 | Indicativo |
| Magdalena | Fundación | 55483 | Indicativo |
| Córdoba | Lorica | 55433 | Indicativo |
| Norte de Santander | Pamplona | 54894 | Indicativo |
| Meta | Granada | 53305 | Indicativo |
| Córdoba | Cereté | 53236 | Indicativo |
| Archipiélago de San Andrés | San Andrés | 53214 | Indicativo |
| Sucre | Corozal | 51616 | Indicativo |

Las ciudades con población significativa, que con corte al año 2016, aún no cuentan con sistema de monitoreo y seguimiento de calidad del aire son: Soledad, Villavicencio, Buenaventura, Sincelejo, Riohacha, Tuluá, Tunja, Barrancabermeja, Girón, Apartadó, Florencia, Cartago y Yopal

Por su parte, los Sistemas de Vigilancia listados a continuación, no cuentan con la complejidad o el número de estaciones suficientes exigidas por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Tabla 5. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) con complejidad inferior al reglamentado.

| Municipio | Población Cabecera | Autoridad Ambiental | SVCA o número de estaciones actual | SVCA o número de estaciones a implementar |
|-----------|--------------------|---------------------|------------------------------------|---|
| Montería | 346873 | CVS | Indicativo | Básico |
| Ibagué | 528214 | CORTOLIMA | 1 | 3 |
| Popayán | 250043 | CRC | 1 | 2 |
| Armenia | 290189 | CRQ | 1 | 2 |
| Pasto | 371045 | CORPONARIÑO | 1 | 2 |
| Envigado | 219991 | CORANTIOQUIA | 1 | 2 |
| Soacha | 516435 | CAR | 2 | 3 |

4.2 Contaminantes y variables meteorológicas evaluados

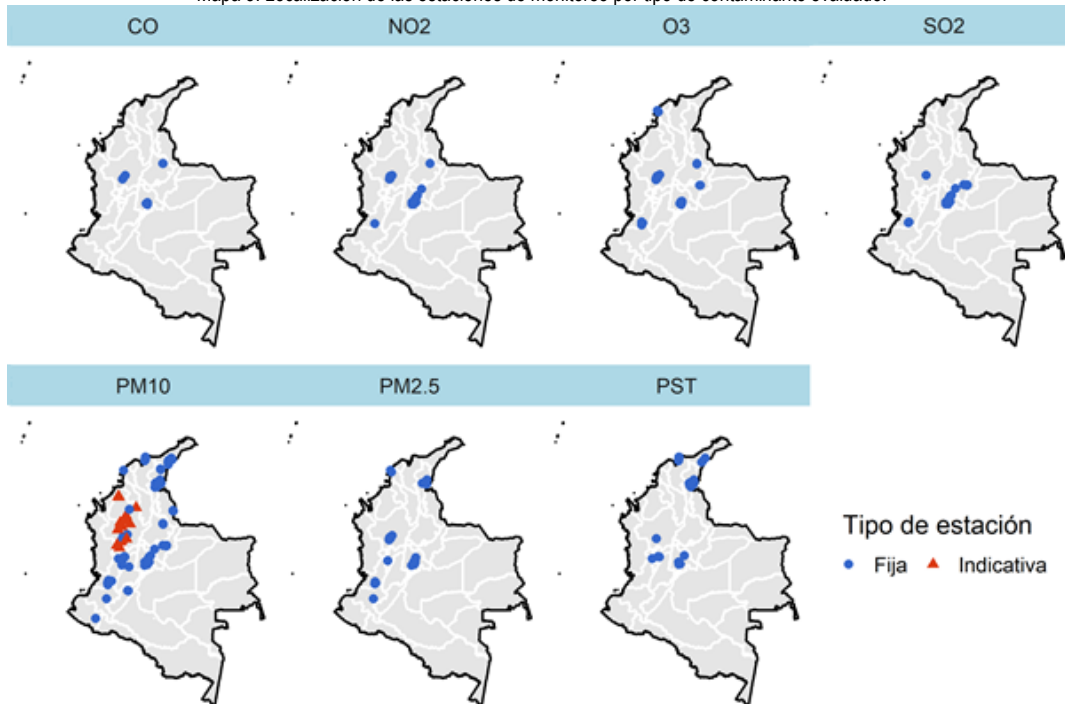
Las mediciones realizadas por las 159 estaciones de monitoreo se centran en el monitoreo y seguimiento de los contaminantes criterio, cuyos niveles máximos permisibles se encuentran regulados por la Resolución 610 de 2010. Debido a sus potenciales implicaciones en la salud y al tipo de fuentes contaminantes existentes a nivel nacional, el contaminante más evaluado fue el PM₁₀, cuyo seguimiento fue realizado por 139 de las 159 estaciones (87.4%), de las cuales 122 fueron fijas y 17 indicativas.

Por su parte, las autoridades ambientales del país continuaron demostrando un particular interés en el monitoreo del material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}), el cual presenta un mayor potencial de afectación que el PM₁₀, razón por la cual incrementaron su seguimiento de 36 estaciones en 2015 a 47 en 2016.

La tercera sustancia más evaluada en el país corresponde al Ozono, el cual se midió en 44 estaciones de monitoreo, mientras que, el Dióxido de Nitrógeno fue evaluado en 37 puntos de muestreo.

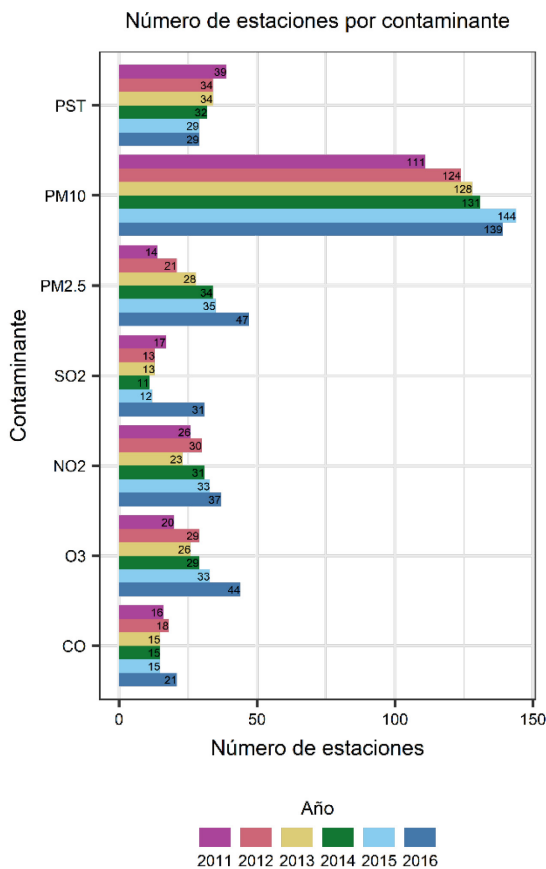
Por su parte, el Dióxido de Azufre, las Partículas Suspendidas Totales y el Monóxido de Carbono, fueron los contaminantes con menor seguimiento a nivel nacional con 31, 29 y 21 estaciones de monitoreo respectivamente.

Mapa 3. Localización de las estaciones de monitoreo por tipo de contaminante evaluado.



Con respecto al año 2015, la evaluación del material particulado y de los gases contaminantes se incrementó a nivel nacional, gracias a la incorporación de 9 estaciones de monitoreo provenientes del proyecto de cooperación internacional “Fortalecimiento de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire y de las Capacidades Técnicas e Institucionales para la gestión integral de la Calidad del Aire en Colombia” desarrollado a través de la Agencia de Cooperación Internacional de Corea – KOICA. Las entidades beneficiarias fueron CORPOBOYACA, EPA Barranquilla Verde y CORPAMAG, las cuales recibieron 3 estaciones cada una.

Figura 11. Número de estaciones por contaminante 2011 – 2016.



Con respecto al componente meteorológico, el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire estableció que, en cada estación de monitoreo, debía instalarse como mínimo un pluviómetro manual, con el fin de evaluar la influencia que este componente puede tener en la dilución, concentración y transporte de los contaminantes

El número estaciones a nivel nacional, que durante el año 2016 realizaron la evaluación de variables meteorológicas

fue de 51, distribuidas en 7 sistemas de vigilancia (AMVA, CORANTIOQUIA, CORPOCESAR, CORPOGUAJIRA, CORTOLIMA, DAGMA, SDA). Las variables más evaluadas fueron: Velocidad del Viento (47), Precipitación líquida (44), Dirección del Viento (33), Radiación Solar (22) y Presión Atmosférica (21).

4.3 Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire Acreditados

De conformidad con el parágrafo 2 del artículo 5, del Decreto 1600 de 1994, “los laboratorios que produzcan información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis requeridos por las autoridades ambientales competentes, y los demás que produzcan información de carácter oficial relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, deberán poseer certificado de acreditación correspondiente otorgado por el IDEAM”.

De los 23 sistemas de vigilancia de calidad del aire existentes en el país únicamente 2 (CORPOGUAJIRA y CORPOCESAR) se encuentran acreditados ante el IDEAM. La acreditación es un proceso que garantiza la competencia técnica y la idoneidad de una institución para desarrollar un grupo de funciones específicas, de acuerdo con unos criterios establecidos. De este modo, se garantiza que la producción de datos e información físico química generada por los sistemas de vigilancia, cumpla con los mejores estándares y criterios de calidad.

4.4 Cobertura temporal de la información reportada

La representatividad se refiere al grado en el cual los datos representan de una manera precisa y exacta, una característica de una población, la variación de un parámetro en un punto de muestreo, la condición de un proceso o una condición ambiental, encontrándose directamente relacionada con la Integridad temporal, la cual se define como la relación entre la cantidad de datos válidos obtenidos por un sistema de vigilancia comparado con la cantidad ideal que debería obtenerse en condiciones normales de operación.

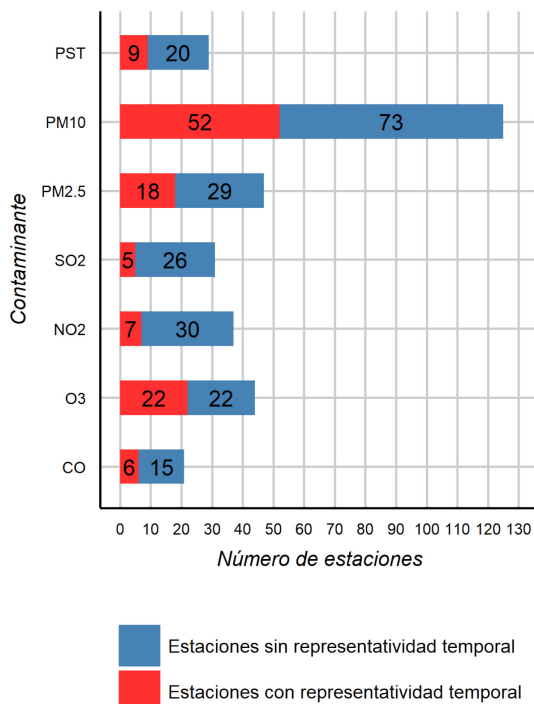
De las 142 estaciones fijas que funcionaron en el país, únicamente 68 cumplieron con el criterio de representatividad temporal en al menos uno de los parámetros evaluados, lo cual revela que las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos están enfrentando retos y desafíos para hacer sostenible en el tiempo la operatividad de su Sistema de Vigilancia.

Tabla 6. Estaciones con representatividad temporal superior al 75% por SVCA.

| AUTORIDAD AMBIENTAL | ESTACIONES CON REPRESENTATIVIDAD |
|---------------------|----------------------------------|
| AMVA | 18 |
| CAR | 4 |
| CORPAMAG | 3 |
| CORPOBOYACA | 3 |
| CORPOCESAR | 17 |
| CORTOLIMA | 1 |
| CVC | 1 |
| DAGMA | 8 |
| EPA Cartagena | 2 |
| SDA | 11 |

El análisis por contaminante revela que de las 45 estaciones que evaluaron Ozono, el 50% cumple con el 75% de datos válidos, mientras que, del número total de estaciones que monitorearon PM₁₀ y PM_{2.5} únicamente el 41% y 38% cumplieron con el porcentaje de datos mínimos exigidos. Para las variables Partículas Suspensas Totales, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono y Dióxido de Azufre, el porcentaje de estaciones que cumple con este criterio es de 31%, 19%, 19% y 16% respectivamente.

Figura 12. Número de estaciones con representatividad superior al 75% por contaminante.



Entre las dificultades más comunes que enfrentan las Autoridades Ambientales para operar adecuadamente el Sistema de Vigilancia se encuentran:

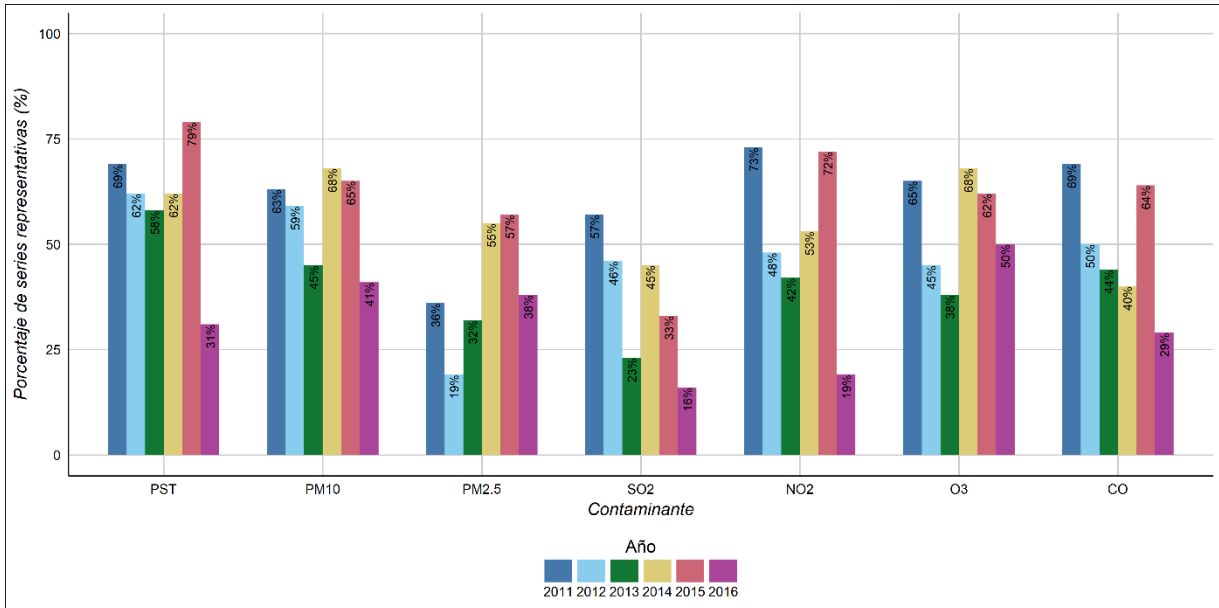
- Deficiencias presupuestales para el mantenimiento y operación de las estaciones.


- Tercerización de la operación lo cual ocasiona un funcionamiento intermitente.
- Equipos de monitoreo con vida útil cumplida u obsoletos.
- Traslado de equipos por incumplimiento en los criterios de micro localización.
- Funcionamiento intermitente del fluido eléctrico por parte del prestador del servicio.
- Equipos y estaciones de monitoreo que empezaron a funcionar en periodos tardíos del año, lo cual les impide cumplir con la representatividad.
- Monitoreo de calidad del aire indicativos, en los cuales el periodo de muestreo es inferior a un año, los cuales permiten el establecimiento de líneas base y la realización de análisis tendenciales, pero no concluyentes a cerca de la calidad del aire en una estación o región.
- Errores en los procesos de diagnóstico, calibración y mantenimiento de los equipos lo cual ocasiona pérdida de la información.
- Ausencia de personal técnico competente para la validación, análisis y reporte de los datos, lo que influye en la pérdida de oportunidad para la detección temprana de tendencias inusuales asociadas a fallas en los equipos de monitoreo.
- Rotación de equipos o estaciones a través del área de jurisdicción de la autoridad ambiental, las cuales por ampliar la cobertura espacial del monitoreo eliminan la calidad temporal del dato.
- Problemas con las comunidades o con los propietarios de los predios en los cuales opera la estación y/o equipos de monitoreo.
- El personal técnico no cuenta con dedicación exclusiva a la temática de calidad del aire, razón por la cual no se detectan fallas a tiempo, influyendo en las acciones correctivas y preventivas a corto plazo.
- Condiciones atmosféricas adversas que influyen en la operación normal de los equipos.
- Identificación de anomalías o tendencias incoherentes en el proceso de validación de datos, lo cual ocasiona el descarte de series de datos.
- Acciones vandálicas y delictivas sobre las estaciones y sus equipos.
- Logística y personal insuficiente para revisar con la frecuencia adecuada el sistema de vigilancia en toda su extensión.
- Operación de estaciones con objetivos particulares y específicos con poca cobertura en el tiempo.

La comparación histórica de la representatividad temporal, revela una drástica disminución con respecto a los reportes realizados en años anteriores, por lo cual es fundamental el proceso de renovación de equipos y el

reforzamiento del personal técnico calificado en cada una de las Autoridades Ambientales encargadas de realizar monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

Figura 13. Evolución del número de estaciones con representatividad temporal superior al 75% por contaminante en el periodo 2011 - 2016.





Capítulo V
ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN
COLOMBIA

ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

A través de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire existentes en el país, durante el año 2016 se realizó el monitoreo y seguimiento de los siete contaminantes criterio contemplados por la Resolución 610 de 2010. En el presente capítulo se realiza el análisis de la situación nacional de cada uno de los contaminantes evaluados, presentando los resultados de las concentraciones promedio anual por estación, la comparación con el nivel máximo permisible, el análisis de las tendencias interanuales para el periodo 2011 – 2016 y la presentación del número de excedencias al nivel máximo permisible diario.

La primera sección del capítulo, presenta el análisis de las variables y estaciones de calidad del aire que cumplieron con el criterio de representatividad temporal, el cual según el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire debe ser igual o superior al 75%, con el objetivo de obtener un análisis concluyente del Estado de la Calidad del Aire en el país.

La segunda sección del capítulo, asocia las concentraciones obtenidas para cada uno de los contaminantes atmosféricos con sus potenciales efectos a la salud de la población, procedimiento que se desarrolla con el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA) el cual asocia el nivel de un contaminante dado con un potencial efecto a la salud.

En la tercera sección del presente capítulo se presenta el análisis del indicador “Porcentaje de estaciones reportando cumplimiento de la norma de calidad del aire en el país” establecido como indicador de seguimiento del plan de acción de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, la cual fue adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el año 2010.

Por su parte, y entendiendo el esfuerzo presupuestal, operacional y humano que realizan varias Autoridades Ambientales para operar y mantener en el tiempo su sistema de vigilancia y así obtener un dato de calidad del aire en su jurisdicción, la cuarta y última sección de este capítulo presenta un análisis indicativo de tendencias de las estaciones que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal, con el objetivo de llamar la atención en zonas que tendencialmente presentan altas concentraciones y en las cuales es imperioso reforzar el monitoreo y seguimiento del recurso.

5.1 Estaciones de monitoreo con representatividad temporal mayor a 75%.

Las estaciones de monitoreo incluidas en el presente análisis permiten definir **concluyentemente** el estado de la calidad del aire en el área circundante a la estación, debido a que el número de datos obtenidos fueron los suficientes como para representar el comportamiento de un contaminante en una zona dada, con condiciones meteorológicas cambiantes a través del periodo evaluado.

“Los análisis presentados a continuación corresponden al comportamiento de cada uno de los contaminantes por estación de monitoreo. Por tal motivo, y debido a las diversas condiciones topográficas, meteorológicas y geomorfológicas que influyen en la concentración o dilución de los diversos contaminantes atmosféricos, los resultados no son extrapolables a la totalidad de una ciudad o región.”

5.1.1. Partículas Suspendidas Totales – PST

Este tipo de material particulado incluye las fracciones inhalable, torácica y respirable, y debido a su tamaño y densidad permanecen suspendidas en el aire y no sedimentan en periodos cortos.

Según los lineamientos establecidos en la Resolución 610 de 2010, los niveles diarios y anuales de este contaminante a condiciones de referencia deben calcularse a partir del promedio geométrico de cada una de las mediciones realizadas.

El nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución 610 de 2010 corresponde a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para un tiempo de exposición diario es de 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.1.1.1. Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2016, las concentraciones de este contaminante excedieron el nivel máximo permisible anual en la estación de monitoreo ZM09 – La Jagua Vía, localizada en jurisdicción de CORPOCESAR y cuyo objetivo está enfocado en la evaluación de la dispersión ocasionada por el tránsito vehicular, siendo esta la principal causa de la resuspensión de material grueso en el área circundante de la estación.

Por su parte, las concentraciones detectadas en las estaciones ZM06 Boquerón, ZM01 La Loma Centro,

ZM13 El Hatillo y ZM03 La Loma 2, ubicadas en jurisdicción de CORPOCESAR, se encuentran entre 80% - 95% del nivel máximo permisible, razón por la cual debe continuarse con las actividades de seguimiento y control con el fin de evitar a futuro posibles excedencias de este contaminante.

En lo que respecta a la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), la estación de monitoreo 09 – Nemocón – Patio Bonito, reportó niveles acordes con los niveles máximos permisibles establecidos por la Resolución 610 de 2010 para las Partículas Suspensas Totales.

5.1.1.2. Tendencias anuales 2011 – 2016

En la figura 15, se presenta el análisis de las concentraciones promedio anual para la totalidad de estaciones de monitoreo que evaluaron Partículas Suspensas Totales en el periodo 2011 – 2016.

En el 70% de las estaciones localizadas en jurisdicción de CORPOCESAR, durante el año 2016, se observan menores concentraciones de Partículas Suspensas Totales, en comparación con las obtenidas en el año 2015.

El análisis histórico, destaca la reducción presentada en la estación ZM07 – Plan Bonito, ya que en el año 2012 se encontraba en niveles que superaban en 62% el nivel máximo permisible y a partir de la gestión realizada por la corporación, en conjunto con las compañías mineras, y con la participación de la comunidad, se encuentra en niveles que actualmente cumplen con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010.

Por su parte, la estación de monitoreo 09 Nemocón Patio Bonito, localizada en jurisdicción de la CAR, registra menores concentraciones que las detectadas en el año 2012, acumulando para el año 2016 una reducción de 15,9 µg/m³.

5.1.1.3. Excedencias al nivel máximo permisible diario

Las estaciones de monitoreo ZM02 – La Jagua Centro y ZM03 – La Loma 2, ubicadas en jurisdicción de CORPOCESAR, fueron las únicas que presentaron un día con excedencias al nivel máximo permisible establecido a nivel nacional, el cual según lo contemplado en la Resolución 610 de 2010 corresponde a 300 µg/m³.

Figura 14. Concentraciones promedio anuales de Partículas Suspensas Totales (PST) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

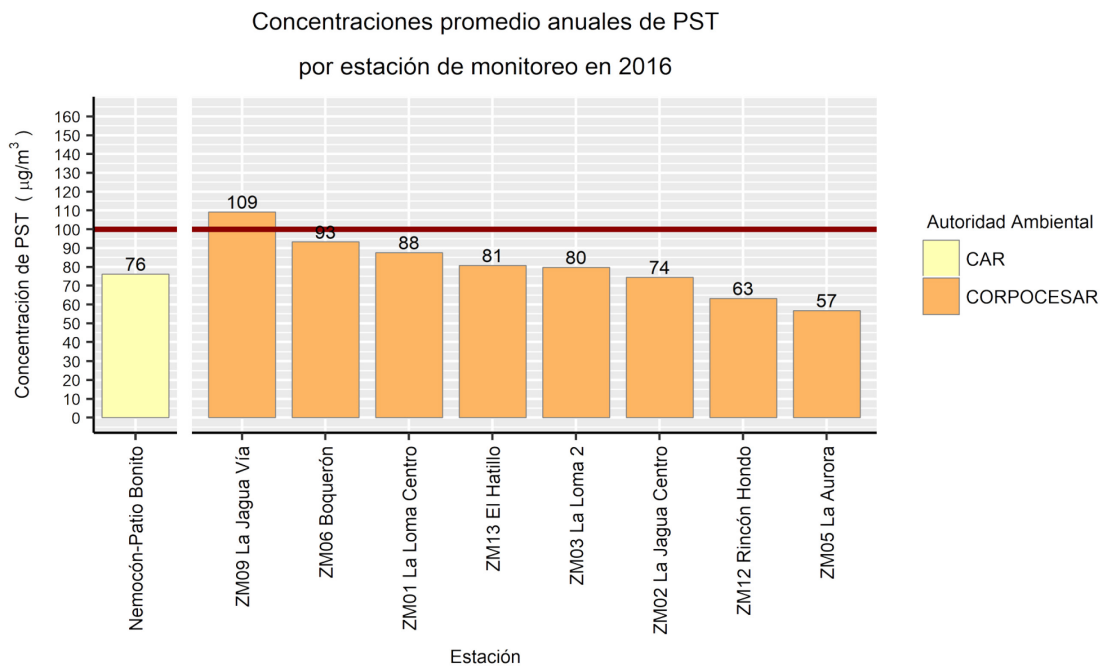


Figura 15. Concentraciones promedio anuales de PST para las estaciones de los SVCA de CAR y CORPOCESAR, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%.

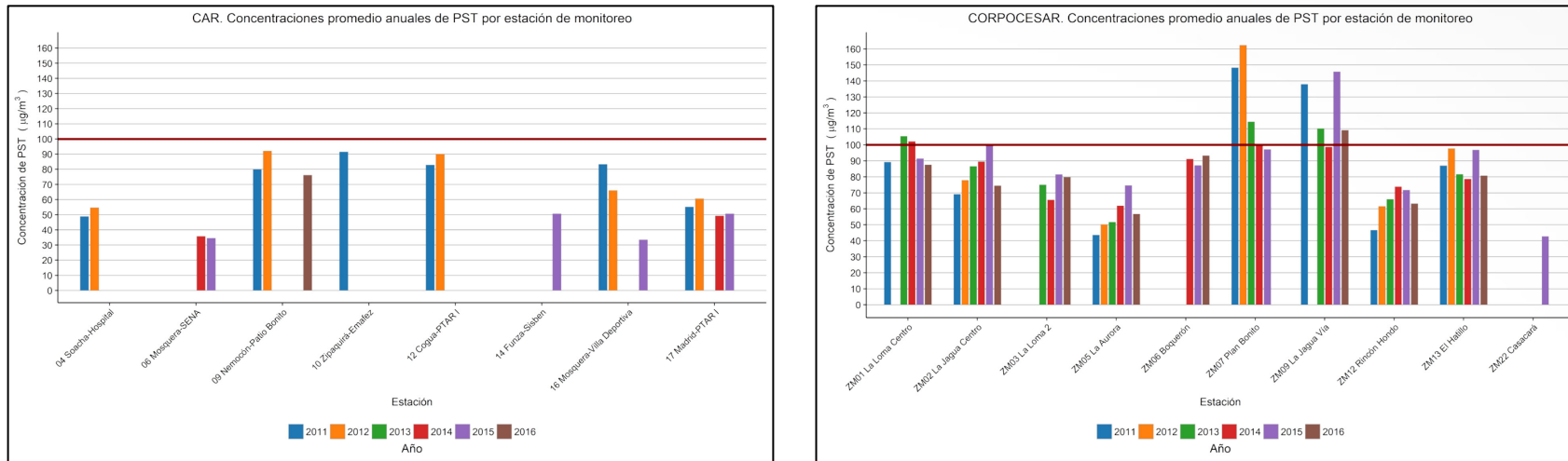
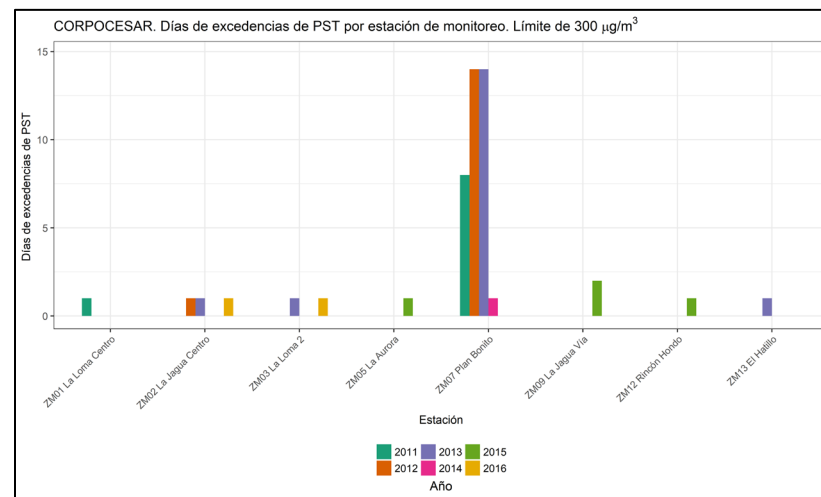


Figura 16. Número de días de excedencias de las concentraciones de PST al límite máximo permisible diario de 300 µg/m³ por estación para el SVCA de CORPOCESAR entre 2011 y 2016.



5.1.2. Partículas Menores a 10 micras – PM10

Durante el año 2016, el 87% de las estaciones de monitoreo de calidad del aire instaladas en el país realizaron el seguimiento de este contaminante, el cual corresponde a la fracción torácica del material particulado, y tiene un alto potencial de afectación debido a su capacidad de penetración en las vías respiratorias. Sin embargo, es importante mencionar que el material particulado no es un factor causal directo de enfermedad o mortalidad respiratoria aguda sino un factor asociado, que en combinación con otros factores produce un aumento de las enfermedades respiratorias.

Según los lineamientos establecidos en la Resolución 610 de 2010, los niveles diarios y anuales de este contaminante a condiciones de referencia, corresponden a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

“...el material particulado no es un factor causal directo de enfermedad o mortalidad respiratoria aguda sino un factor asociado, que en combinación con otros factores produce un aumento de las enfermedades respiratorias.”

5.1.2.1. Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2016, las concentraciones de este contaminante excedieron el nivel máximo permisible anual en 14 estaciones de monitoreo. Las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones Ráquira – Colegio (CAR) y Yumbo – ACOPI (CVC), las cuales se encuentran en zonas con alta actividad industrial; en el caso de la estación localizada en el municipio de Ráquira, las emisiones provienen del desarrollo de la actividad alfarera, la cual emplea hornos para la cocción de piezas fabricadas en arcilla. Por su parte, las emisiones del municipio de Yumbo provienen de un sector industrial consolidado, en el que se ubican más de 2000 empresas con varias fuentes fijas de emisión.

En cuanto a las principales urbes del país, se tiene que las estaciones de monitoreo Carvajal – Sevilla, Kennedy, Puente Aranda y Suba, localizadas en jurisdicción de la Secretaría de Ambiente (SDA), las estaciones Medellín – Museo de Antioquia, Medellín – Éxito San Antonio, Caldas – Plaza de Mercado COPERPLAZA, Medellín – I.T.M. Robledo e Itagüí – Colegio El Rosario, ubicadas en la zona de competencia del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y la estación Compartir, ubicada en jurisdicción del Departamento Administrativo de Gestión del Medio

Ambiente de Santiago de Cali, superan el nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución 610 de 2010. Estas zonas se caracterizan por la alta densidad poblacional, el alto número de fuentes móviles y la ubicación de fuentes fijas y de área que contribuyen al aumento de las concentraciones de este contaminante en el aire ambiente.

Otras estaciones que superaron el nivel máximo permisible anual, corresponden a ZM07 – Plan Bonito y ZM13 – El Hatillo, localizadas en jurisdicción de CORPOCESAR. En el caso de la estación ZM07 – Plan Bonito, la estación de monitoreo se encuentra localizada en un predio industrial, lo cual influye en las altas concentraciones allí detectadas, y en su área circundante no se encuentran habitantes debido a que desde el año 2014, la población que se asentaba en cercanías a esta estación fue reubicada; por su parte, la estación ZM13 – El Hatillo, se encuentra ubicada en un punto crítico y recibe la influencia de emisiones provenientes de actividades industriales (minería y producción de palma), quema de residuos sólidos y tráfico vehicular que se presenta sobre la vía destapada que comunica al Hatillo con la Loma.

5.1.2.2. Tendencias anuales 2011 – 2016

En las figuras 18, 19 y 20, se presenta el análisis de las concentraciones obtenidas por estación de monitoreo y por autoridad ambiental, para el periodo 2011 – 2016.

En jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, se observa el incremento de las concentraciones promedio anual detectadas en la estación 11 – Colegio – Ráquira, las cuales pasaron de 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015 a 108 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2016.

Por su parte, las estaciones de monitoreo Carvajal – Sevilla y Kennedy, ubicadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente reflejan reducciones de las concentraciones promedio anual durante el año 2016; situación contraria experimentan las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Las Ferias, Suba, Tunal y Usaquén, las cuales reflejan un aumento significativo en las concentraciones detectadas, por lo cual la Autoridad Ambiental debe priorizar medidas de prevención y control en estas zonas para evitar que los niveles de calidad del aire se sigan incrementando.

En cuanto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, durante el año 2016, las concentraciones de material particulado exceden el nivel máximo permisible en 6 de las 9 estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal; en las restantes tres

estaciones, las concentraciones se encuentran sobre el 95% del límite normativo. Sin embargo, los niveles de este contaminante, se redujeron en las estaciones Medellín – Éxito San Antonio, Medellín - Politécnico Colombiano Jaime Isaza C y Girardota - Institución Educativa Col. – Girardota, y aumentaron levemente en la estación Bello - Universidad San Buenaventura.

Para la ciudad de Santiago de Cali, con respecto a los años 2014 y 2015, se aprecia incremento en las concentraciones detectadas en las estaciones Pance y La Ermita. Por su parte, se aprecia que en la estación ERA – Obrero las concentraciones de material particulado en el aire ambiente se han duplicado con respecto a las detectadas en el año 2011, debido al crecimiento demográfico y de la flota vehicular que ha experimentado la ciudad. No obstante, se aprecian reducciones en las estaciones Cañaveralejo y La Flora, siendo en este último caso, bastante significativas con respecto a los niveles detectados en el año 2014.

Con respecto a los niveles detectados en el año 2014, en la jurisdicción de CORPAMAG, se aprecia una reducción del 26% en las concentraciones de material particulado detectadas por la estación Molinos Santa Marta, mientras que la estación de monitoreo Alcatraces reporta un ligero incremento.

Por otra parte, se aprecian reducciones significativas en las estaciones V4 – Bomberos, ZM02 – La Jagua Centro, ZM05 – La Aurora, ZM07 – Plan Bonito, ZM09 – La Jagua Vía y ZM12 – Rincón Hondo, pertenecientes al Sistema de Vigilancia de la Zona Carbonífera del Cesar, localizado en el área de competencia de CORPOCESAR.

“Durante el año 2016, las concentraciones de este contaminante excedieron el nivel máximo permisible anual en 14 estaciones de monitoreo”.

5.1.2.3. Excedencias al nivel máximo permisible diario.

Las figuras 21, 22 y 23, presentan los días con excedencias al nivel máximo permisible anual, los cuales se presentaron en estaciones de monitoreo localizadas en jurisdicción del Área Metropolitana de Aburrá (AMVA), de la Corporación Autónoma Regional de Magdalena (CORPAMAG), de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), de la Corporación Autónoma Regional del César

(CORPOCESAR) y de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

A nivel nacional, las estaciones de monitoreo que presentan mayor número de excedencias al nivel máximo permisible diario son: 11 Ráquira – Colegio, ubicada en jurisdicción de la CAR, en donde durante el año 2016, las concentraciones detectadas superaron en 133 oportunidades el límite diario, y Yumbo – ACOPI, perteneciente a la CVC, donde se sobrepasó el nivel máximo permisible diario en 76 ocasiones.

Por su parte, en la jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente, durante el año 2016, se presentaron días con excedencias en las estaciones Carvajal – Sevillana (48), Kennedy (12), Tunal (11), Puente Aranda (7), Usaquén (4), Suba (2) y Las Ferias (1). En comparación con años anteriores, las estaciones de monitoreo localizadas en el suroccidente de Bogotá (Kennedy y Carvajal – Sevillana), reportaron menores días con excedencias al nivel máximo permisible diario, mientras que las estaciones Tunal, Usaquén y Puente Aranda reportan un ligero aumento.

Con respecto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, los días con excedencias al nivel máximo permisible diario aumentaron durante el año 2016, en todas las estaciones de monitoreo que cumplieron con el criterio de representatividad temporal, siendo los casos más significativos los correspondientes a las estaciones: Caldas – Plaza de Mercado COPERPLAZA (20), Medellín – Museo de Antioquía (15), Medellín – Éxito San Antonio (15) y Medellín – I.T.M. Robledo (12).

En el caso de la jurisdicción de CORPOCESAR, las estaciones ZM07 – Plan Bonito, ZM13 – El Hatillo, ZM20 – Costa Hermosa, ZM01 – La Loma Centro, ZM21 – La Victoria y ZM02 – La Jagua Centro, son las que mayores días con excedencias al nivel máximo permisible diario registran, con 12, 10, 9, 7, 6 y 5 días respectivamente. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los días con excedencias durante el año 2016, son inferiores a los registrados en años anteriores, y en los casos en los cuales aumentan se deben a la influencia de incendios forestales puntuales que influyen en el aumento de la concentración de este contaminante durante días particulares.

Por su parte, las concentraciones diarias evaluadas en jurisdicción de CORPAMAG, presentan 4 días con excedencias al límite normativo en la estación Molinos Santa Marta y 1 día en la estación Pescaíto, siendo en el primer caso inferiores a los registrados en años anteriores.

Figura 17. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

La línea roja indica el límite máximo permisible de 50 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.

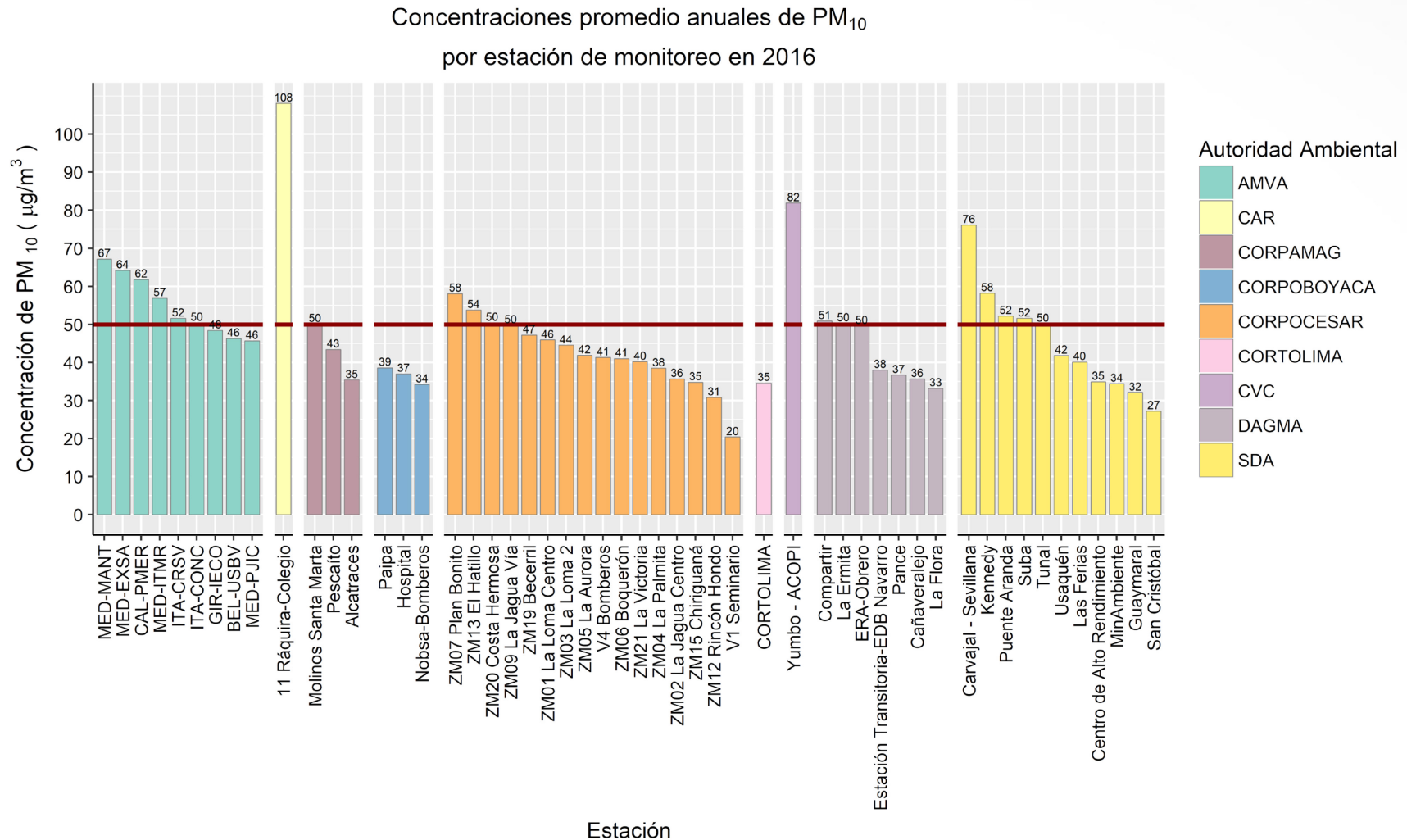


Figura 18. Concentraciones promedio anuales de PM₁₀ para las estaciones de los SVCA de CAR, SDA, DAGMA y AMVA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%.

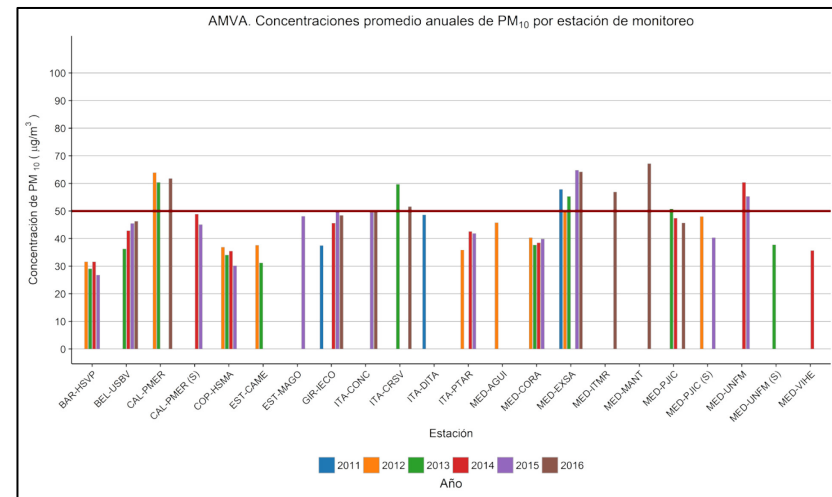
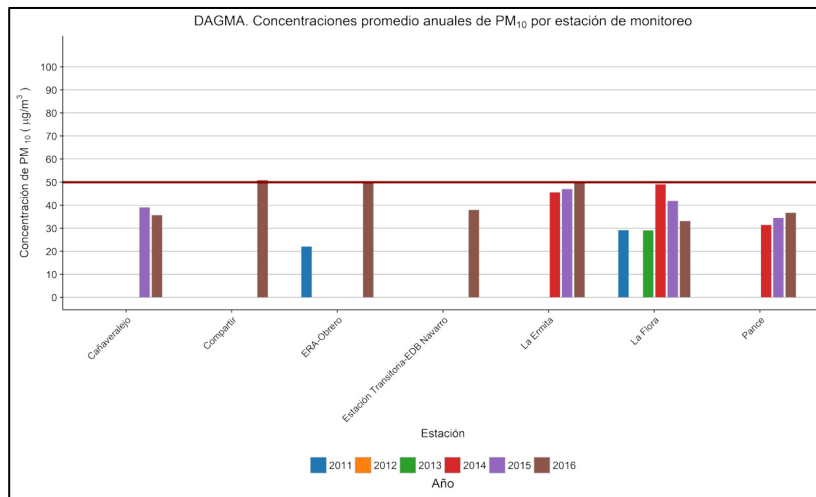
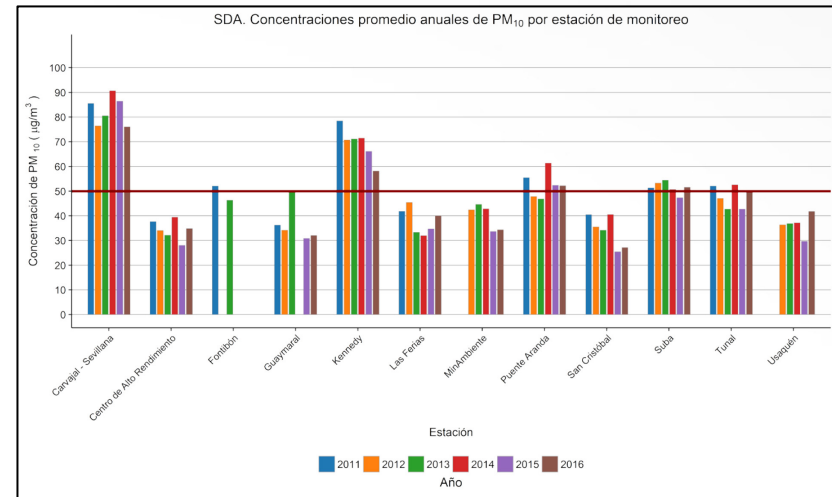
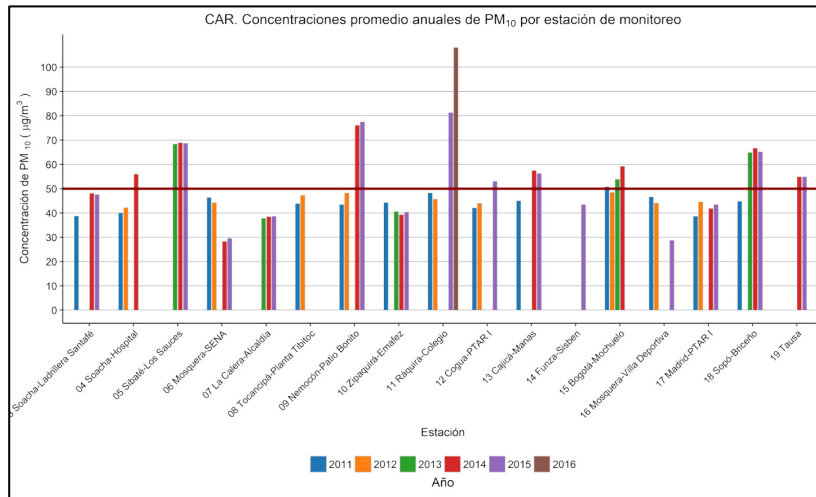


Figura 19. Concentraciones promedio anuales de PM₁₀ para las estaciones de los SVCA de CORPOBOYACA, CORPAMAG y CORPOCESAR, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%.

La línea roja indica el límite máximo permisible de 50 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.

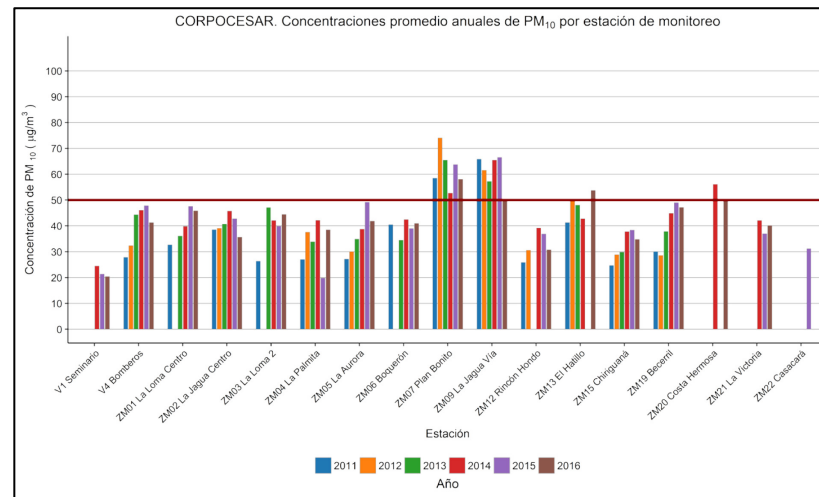
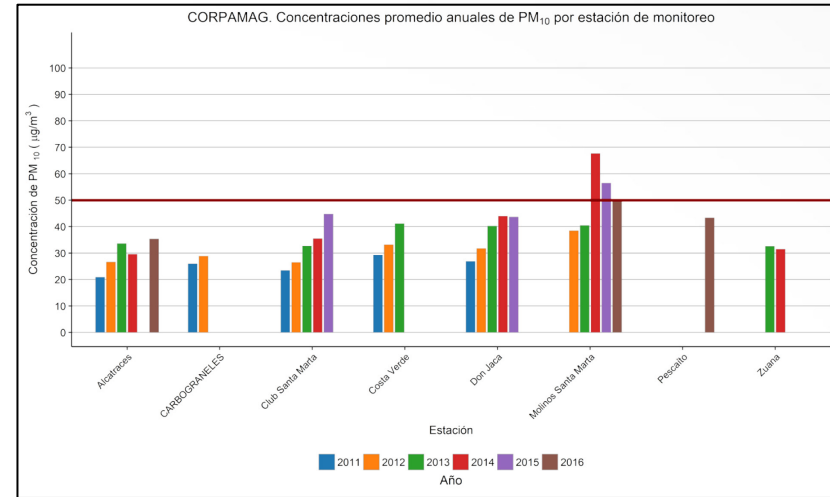
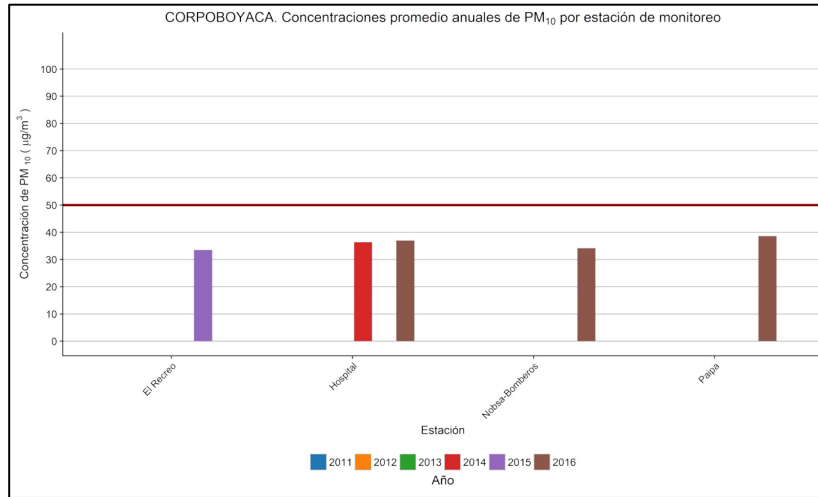


Figura 20. Concentraciones promedio anuales de PM₁₀ para las estaciones de los SVCA de CORTOLIMA y CVC, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%.

La línea roja indica el límite máximo permisible de 50 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.

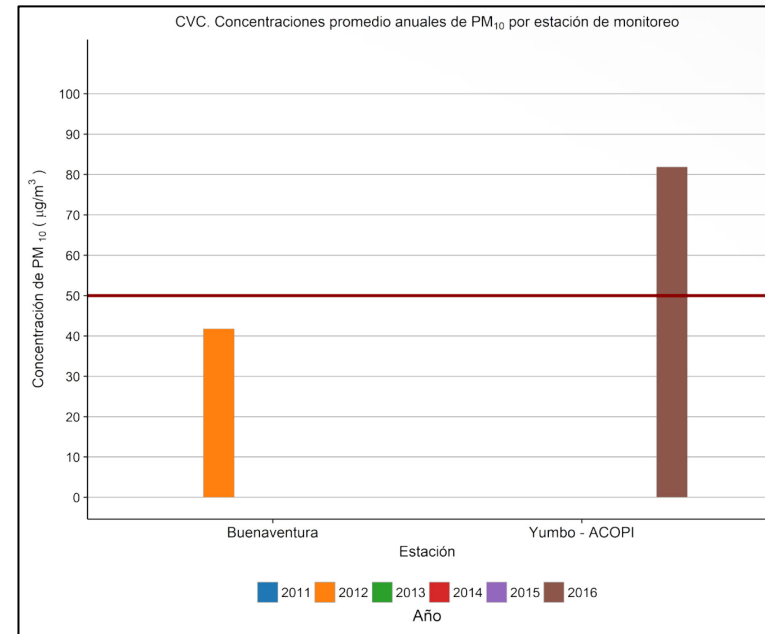
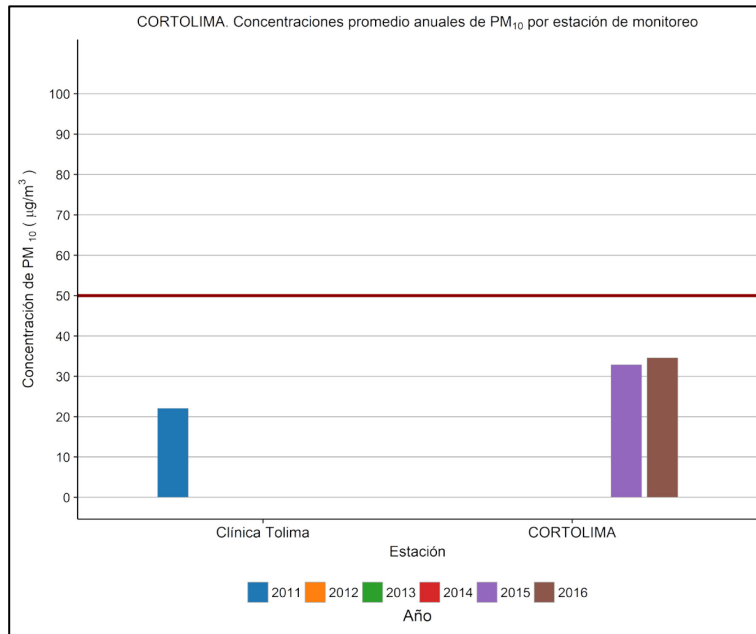


Figura 21. Número de días que exceden el límite máximo permisible de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en un tiempo de exposición diario, establecido de acuerdo con la Resolución 610 de 2010, para los SVCA de Colombia durante el año 2016.

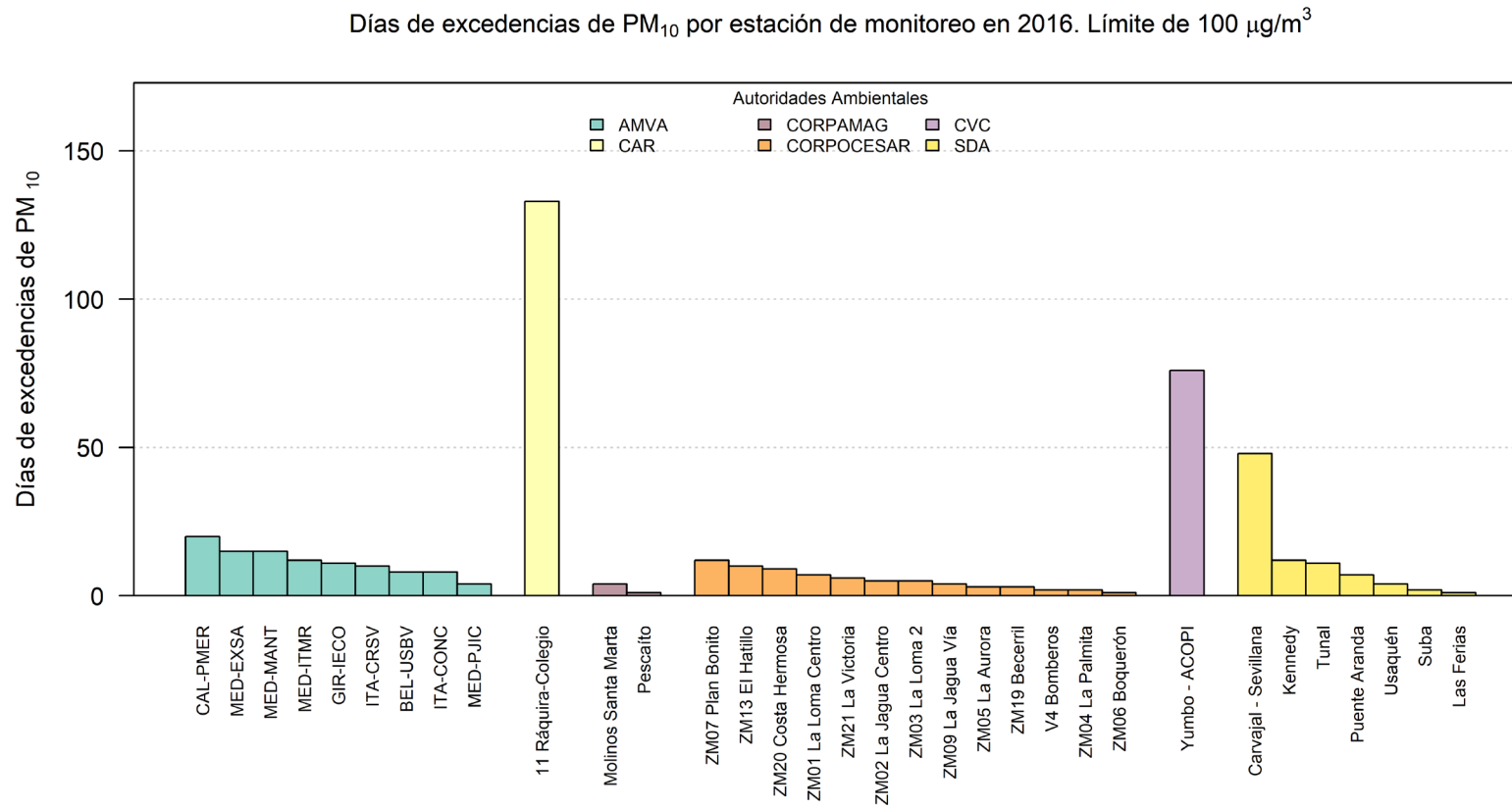


Figura 22. Número de días de excedencias de las concentraciones de PM₁₀ al límite máximo permisible diario de 100 µg/m³ por estación para los SVCA de SDA, AMVA y CAR entre 2011 y 2016.

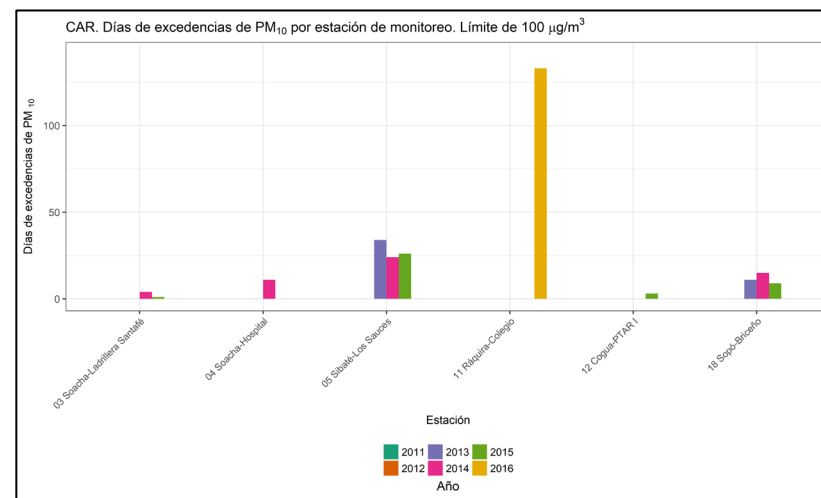
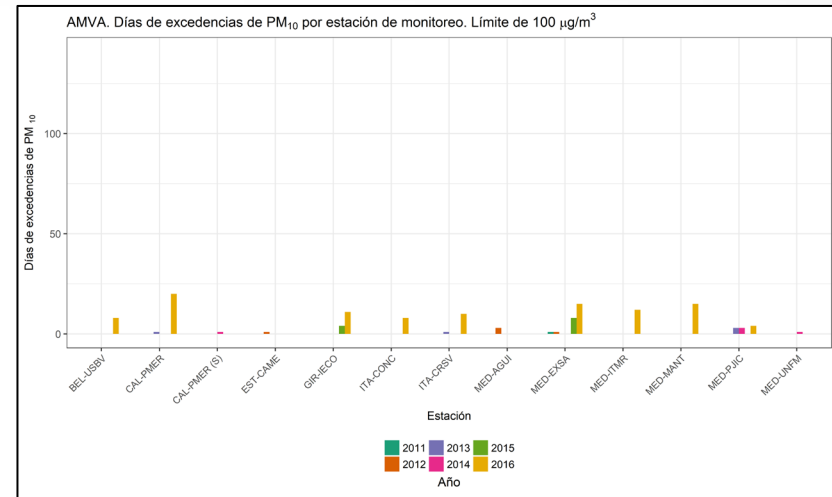
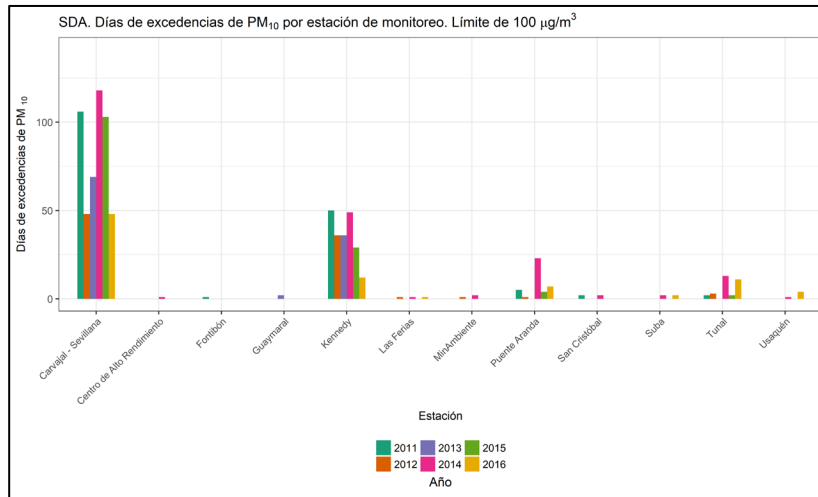
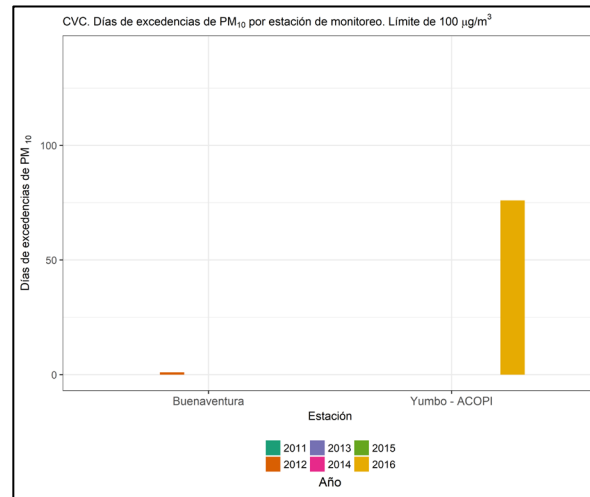
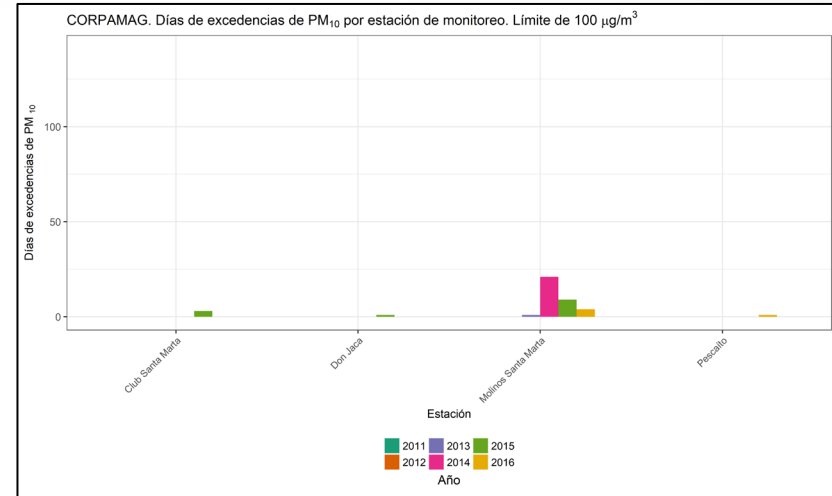
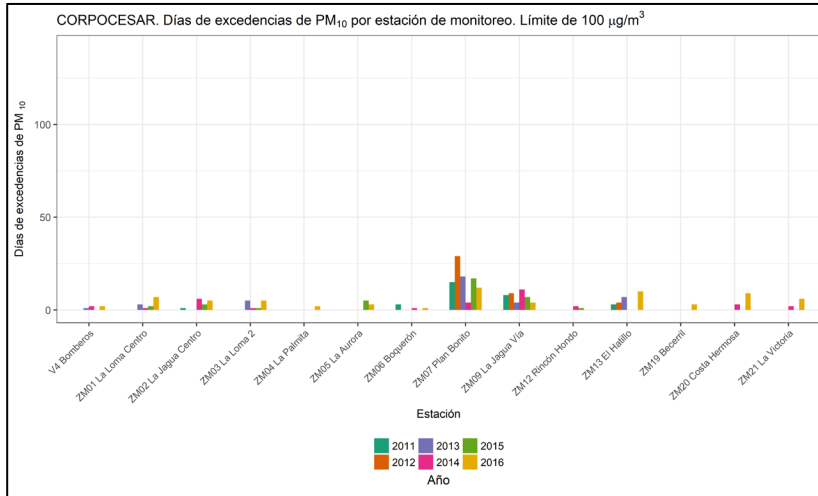


Figura 23. Número de días de excedencias de las concentraciones de PM₁₀ al límite máximo permisible diario de 100 µg/m³ por estación para los SVCA de CORPOCESAR, CORPAMAG y CVC entre 2011 y 2016.



5.1.3. Partículas Menores a 2.5 micras – PM2.5

Las Autoridades Ambientales han incrementado durante los últimos años el monitoreo y seguimiento de este contaminante, debido a que la capacidad de penetración en el tracto respiratorio de este tipo de partículas es mucho mayor, por lo cual sus potenciales efectos en la salud son mucho más negativos.

Los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010 para este contaminante corresponden a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un tiempo de exposición anual, mientras que, para un tiempo de exposición diario es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.1.3.1. Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2016, este contaminante presentó un comportamiento crítico en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, debido a que de las ocho (8) estaciones de monitoreo que cumplieron con el criterio de representatividad temporal, siete (7) registraron concentraciones que superan el nivel máximo permisible anual. El caso de mayor relevancia, lo representa la estación Sur – Tráfico, en cercanía a la estación metro La Estrella, en la cual se duplica el límite permitido, debido a la influencia del tránsito vehicular de la Autopista Sur y de la Autopista Regional. Otros casos significativos, están representados por las estaciones Medellín – Museo de Antioquia, Caldas – Corporación Lasallista y Medellín – Estación Móvil 2 – UNAL, en las cuales las concentraciones de este contaminante superan la norma entre 20% y 60%.

Para el Distrito Capital, los niveles de este contaminante sobrepasan el límite permisible anual únicamente en la estación Kennedy, localizada en el suroccidente de la ciudad, la cual supera la norma en un 20%. Por su parte, las estaciones de monitoreo localizadas sobre la franja oriental (Guaymaral, Usaquén, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Tunal) cumplen con los niveles anuales contemplados en la Resolución 610 de 2010.

Por último, las estaciones ubicadas en jurisdicción de CORPOCESAR reportan cumplimiento de los niveles contemplados en la normatividad nacional, lo cual refleja que en esta zona los problemas son ocasionados por el material particulado grueso el cual proviene de polvos en resuspensión y fuentes de área principalmente.

5.1.3.2. Tendencias anuales 2011 – 2016

En la figura 25, se presentan las concentraciones de este contaminante para el periodo 2011 – 2016 por Autoridad Ambiental, y por estación de monitoreo.

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se aprecia como las concentraciones de este contaminante han aumentado durante los últimos cuatro periodos evaluados, especialmente en las estaciones Caldas – Corporación Lasallista y Medellín – Estación Móvil UNAL 2, lo cual es ocasionado por el crecimiento poblacional y del parque automotor que ha experimentado el Valle de Aburrá; sumado a lo anterior las condiciones orográficas y meteorológicas, dificultan la dispersión de este contaminante en determinadas épocas del año.

En lo que respecta, al Sistema de Vigilancia de la Zona Carbonífera del Cesar, las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras en la estación ZM01 – La Loma Centro pasaron de 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2015 a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2016 representando un incremento del 24%. Por su parte, la estación ZM22 – Casacará refleja una situación contraria, debido a que las concentraciones de este contaminante son ligeramente menores que a las registradas en el año 2015.

5.1.3.3. Excedencias al nivel máximo diario

Las figuras 26 y 27, presentan las excedencias al nivel máximo permisible diario.

De manera general se aprecia que, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el número de días con excedencias al nivel máximo diario establecido para este contaminante en la Resolución 610 de 2010, varía entre 16 y 127, siendo los casos con mayor relevancia los correspondientes a las estaciones de monitoreo Sur – Tráfico (127), Medellín – Museo de Antioquia (46), Medellín – Estación Móvil UNAL 2 (33) y Caldas – Corporación Lasallista (25). Comparando el número de excedencias registradas durante el año 2016 con respecto a años anteriores se aprecia un incremento en el número de estaciones que sobrepasan el límite diario, siendo la estación de monitoreo Sur – Tráfico (antes Metro La Estrella), la única que presenta menor número de casos.

En la jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente, se observa que el nivel permisible diario fue excedido en 15 ocasiones en la estación de monitoreo Kennedy, seguida por las estaciones Tunal y Usaquén, las cuales registraron excedencias en 11 y 5 días respectivamente. De igual manera, se aprecia que el número de días con excedencias y el número de estaciones que sobrepasan el nivel permisible diario, aumenta durante el año 2016, siendo las estaciones Kennedy y Tunal, las que registraron los mayores incrementos.

Figura 24. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

La línea roja indica el límite máximo permisible de 25 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.

Concentraciones promedio anuales de PM_{2.5} por estación de monitoreo en 2016

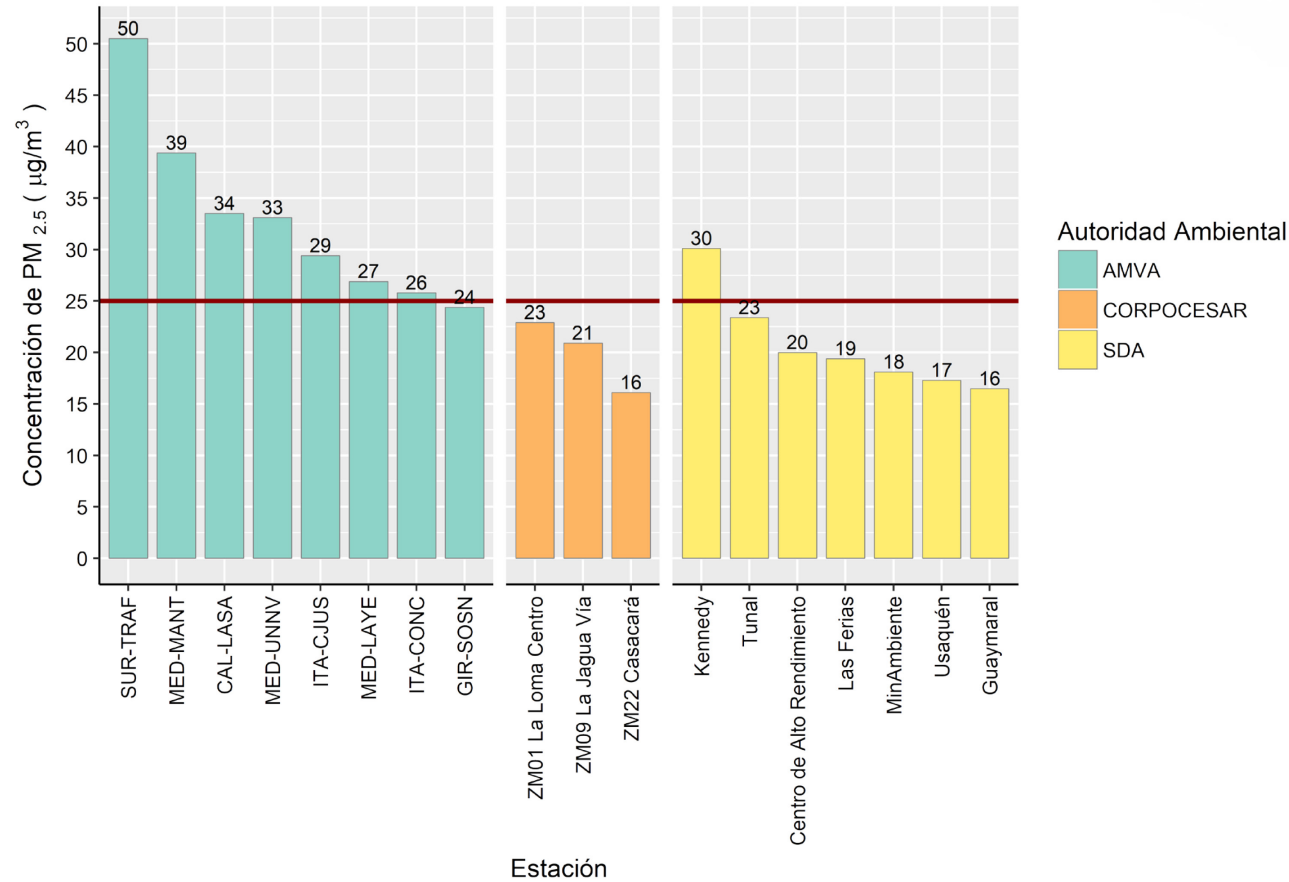


Figura 25. Concentraciones promedio anuales de PM_{2.5} para las estaciones de los SVCA de AMVA, CORPOCESAR y SDA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%.

La línea roja indica el límite máximo permisible de 25 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.

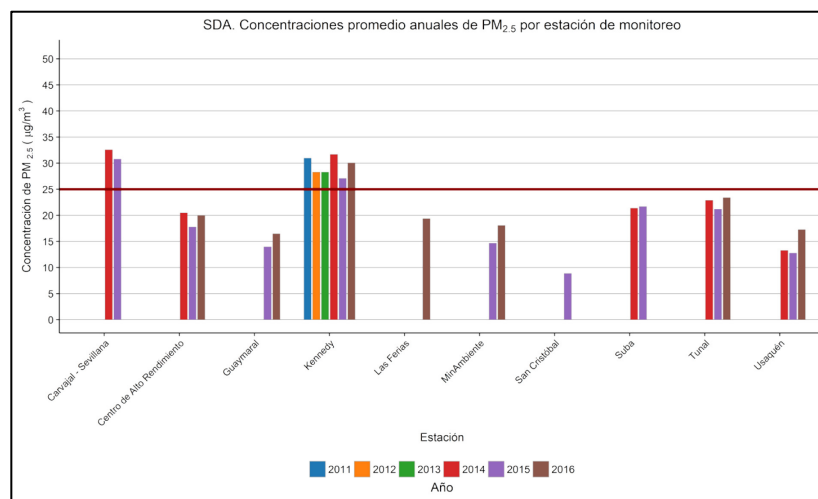
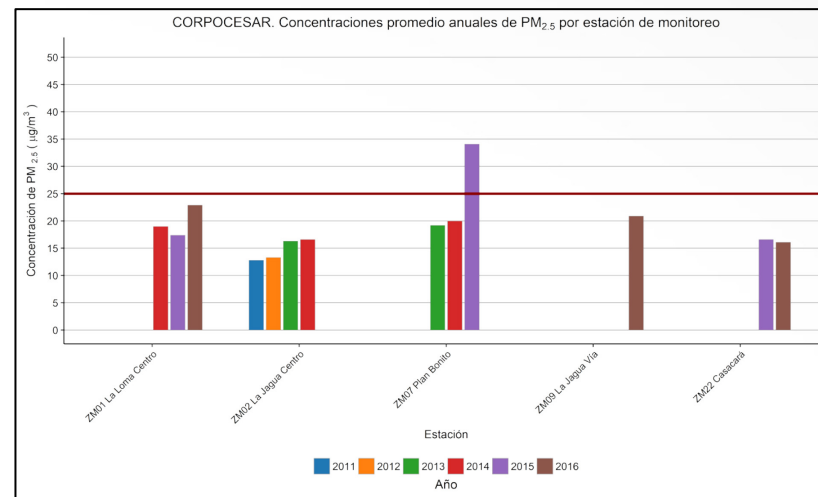
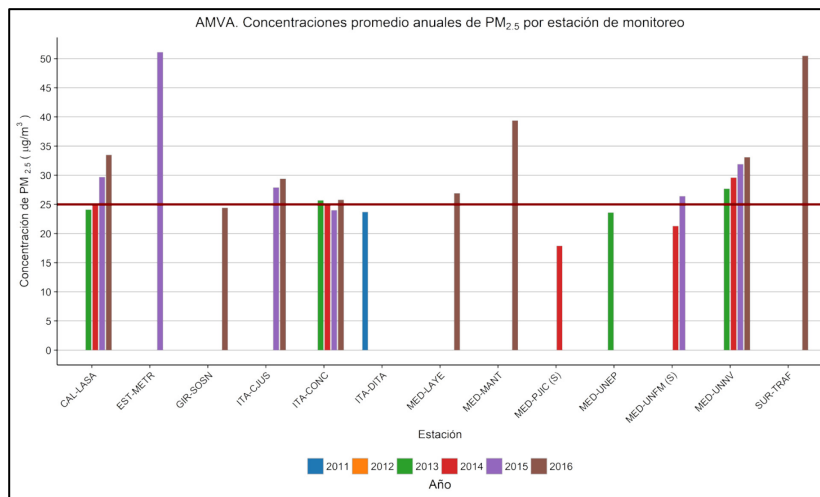


Figura 26. Número de días que exceden el límite máximo permisible de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$ en un tiempo de exposición diario, establecido de acuerdo con la Resolución 610 de 2010, para los SVCA de Colombia durante el año 2016.

Días de excedencias de $\text{PM}_{2.5}$ por estación de monitoreo en 2016. Límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

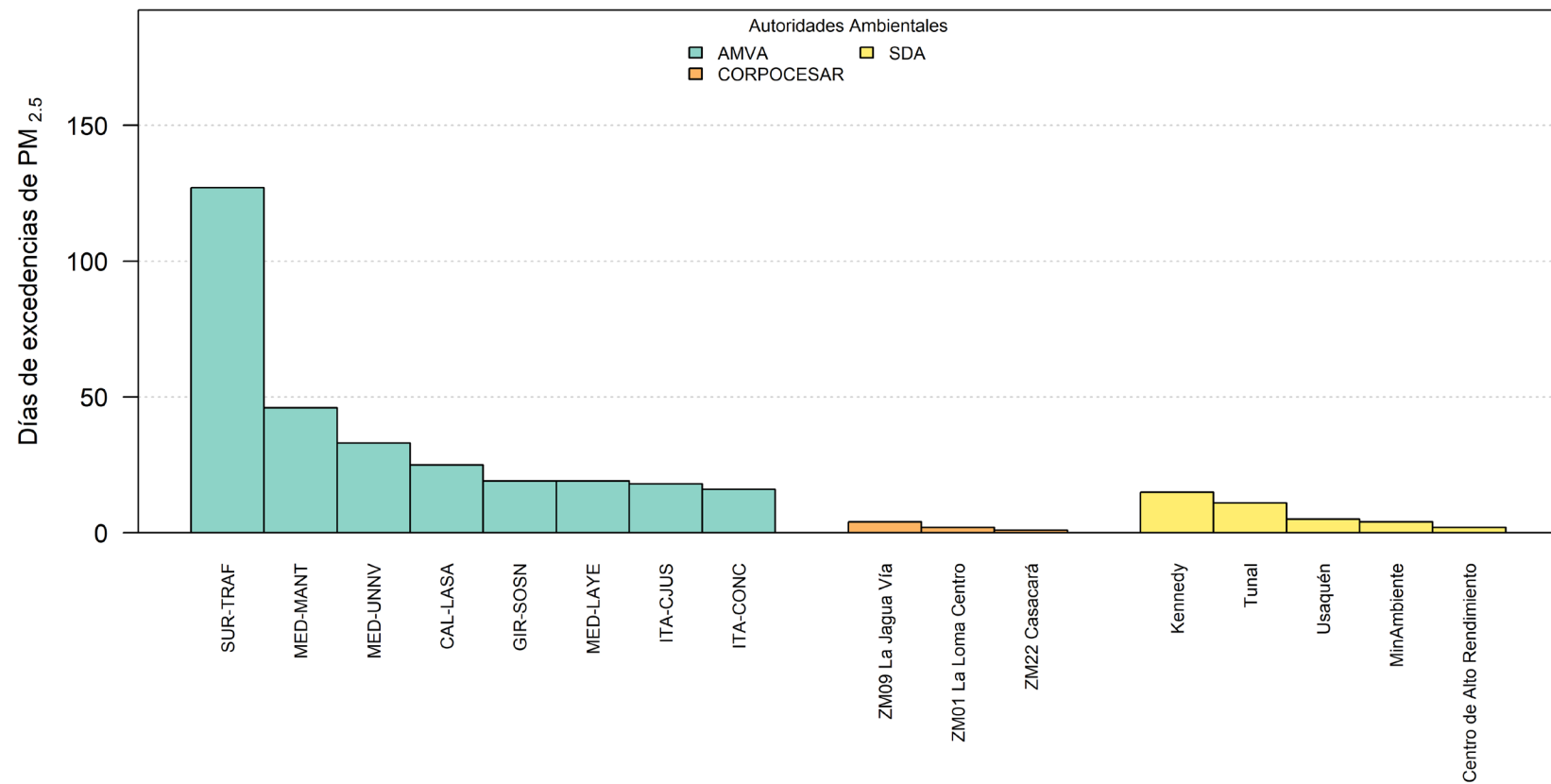
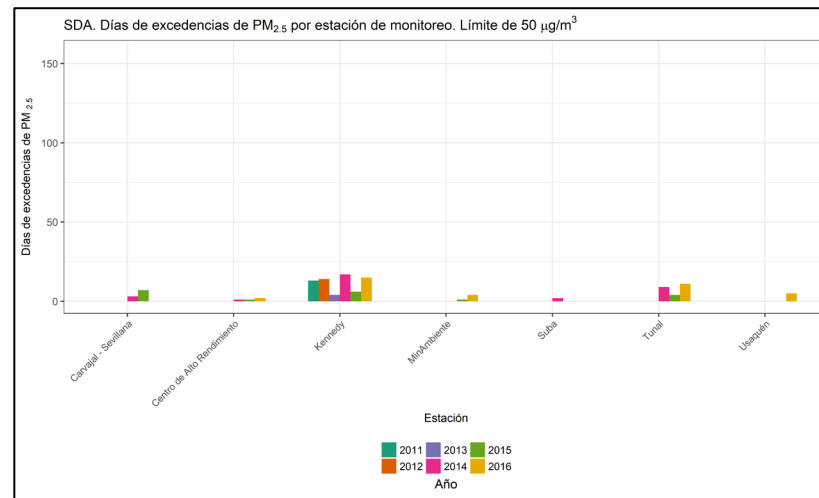
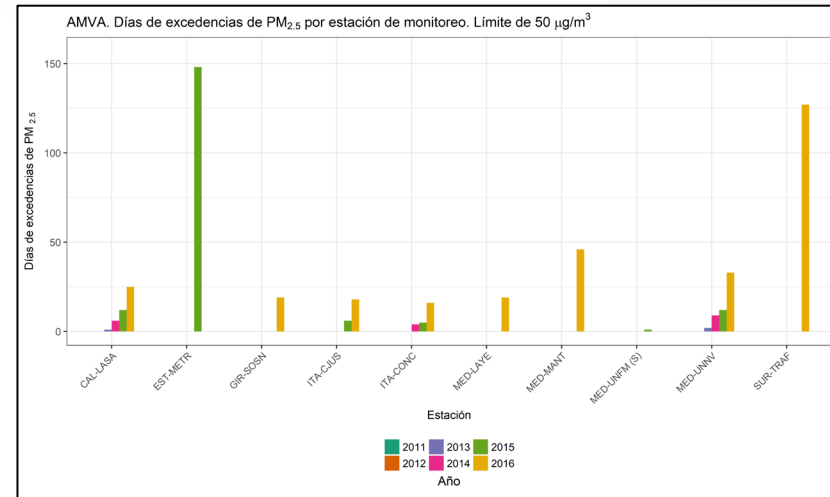
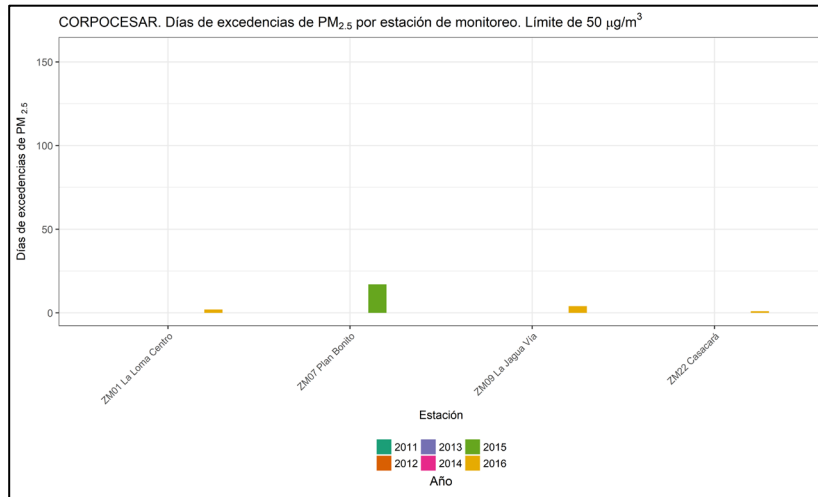


Figura 27. Número de días de excedencias de las concentraciones de PM_{2.5} al límite máximo permisible diario de 50 µg/m³ por estación para los SVCA de CORPOCESAR, AMVA y SDA entre 2011 y 2016.



5.1.4. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

La Resolución 610 de 2010 contempla tres límites máximos permisibles para este parámetro, los cuales son 100 µg/m³, 150 µg/m³ y 200 µg/m³ para los tiempos de exposición anual, diario y horario, respectivamente; este último solamente puede ser evaluado con equipos automáticos.

De las estaciones de monitoreo que evaluaron esta variable, únicamente 7 cumplieron con el criterio de representatividad temporal, las cuales se encuentran en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

5.1.4.1. Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2016, las concentraciones de este contaminante a nivel nacional, se encontraron en niveles inferiores al 50% del nivel máximo permisible anual, siendo la estación Medellín – Politécnico Jaime Izasa Cadavid la que registra las mayores concentraciones de este contaminante (47 µg/m³).

De manera general, los niveles de este contaminante no representan ningún problema para la salud de los habitantes de las tres áreas evaluadas, debido a que los niveles se encuentran en cantidades bajas y se ajustan ampliamente a los límites regulatorios establecidos en la normatividad colombiana.

5.1.4.2. Tendencias anuales 2011 – 2016

En la figura 29, se presentan las concentraciones de este contaminante para el periodo 2011 – 2016 por Autoridad Ambiental, y por estación de monitoreo.

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se aprecia cómo las concentraciones de este contaminante disminuyeron, con respecto a las registradas en el año 2015, encontrándose las reducciones más significativas en las estaciones de monitoreo Medellín – Politécnico Jaime Izasa Cadavid y Medellín – Estación Móvil UNAL 2.

Por su parte, las concentraciones detectadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente se mantienen en niveles similares en las estaciones Centro de Alto Rendimiento y Puente Aranda, mientras que, la estación Tunal registró un incremento de sus concentraciones, siendo para el año 2016 la única que presenta cambios.

5.1.4.3. Excedencias al nivel máximo diario

Durante el año 2016, solamente se presentó una excedencia al nivel máximo permisible diario a nivel nacional, la cual fue registrada en la estación de monitoreo Tunal, localizada en el área de competencia de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Esta excedencia al nivel máximo permisible diario, tiene una gran significancia a nivel nacional, debido a que es la primera vez en el periodo 2011 – 2016, que se sobrepasan los límites establecidos para este contaminante, en un periodo de exposición de 24 horas

Figura 28. Concentraciones promedio anuales de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

El nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución de 610 de 2010 para este contaminante es de 100 µg/m³.

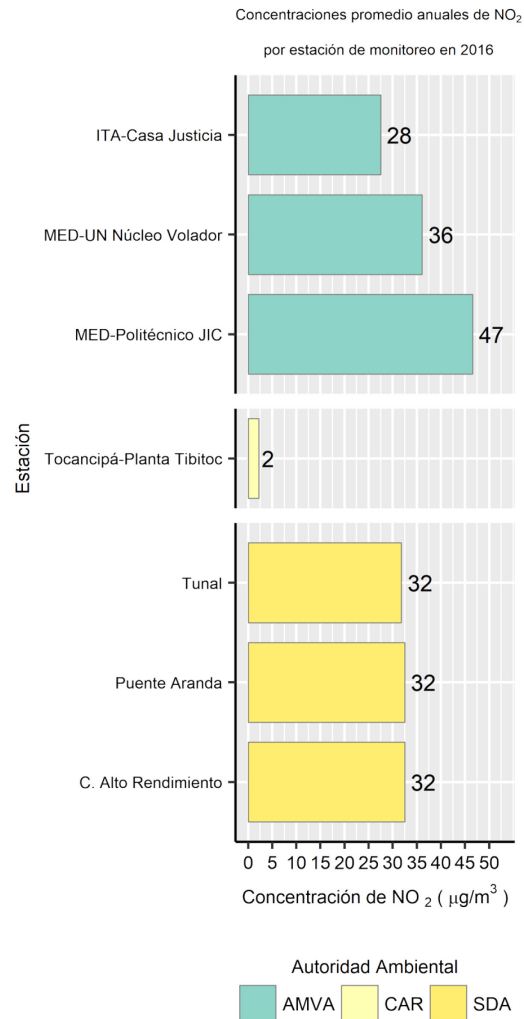
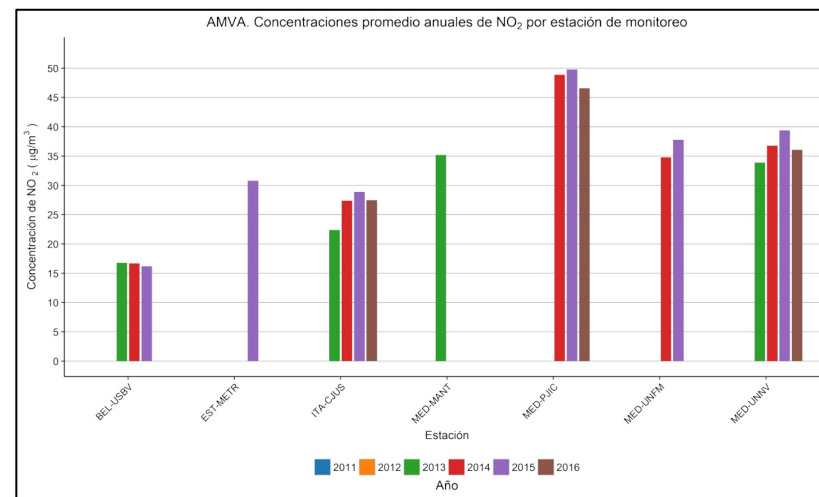
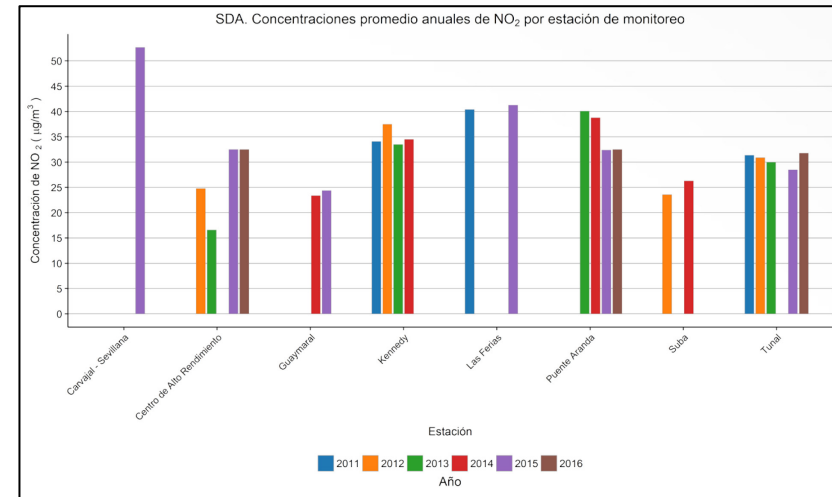
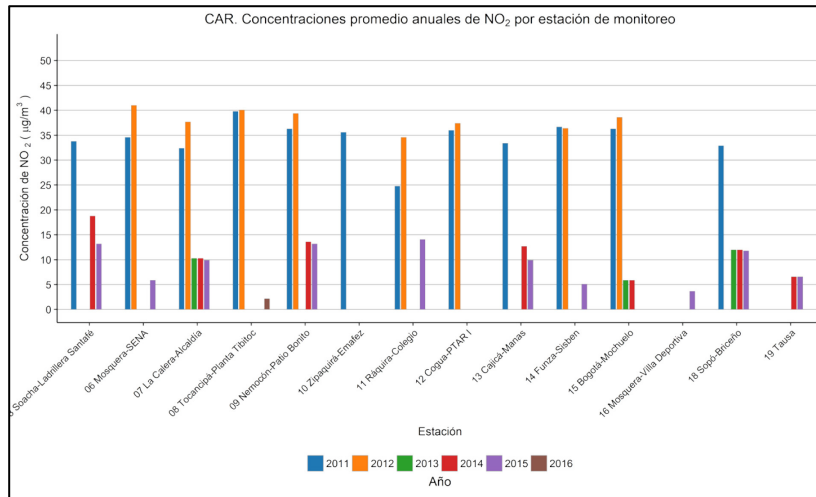


Figura 29. Concentraciones promedio anuales de NO₂ para las estaciones de los SVCA de CAR, SDA y AMVA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%.

El nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante es de 100 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.



5.1.5. Dióxido de Azufre – SO₂

Este gas incoloro se libera a la atmosfera a partir de procesos de combustión de sustancias que contienen azufre, principalmente carbón, petróleo y sus derivados.

Los niveles máximos permisibles, se encuentran regulados por la Resolución 610 de 2010, la cual establece que no deben sobrepasarse los 80 µg/m³, 250 µg/m³ y 750 µg/m³ en tiempos de exposición de 1 año, 24 horas y 3 horas (promedios móviles), respectivamente.

Las estaciones de monitoreo que evaluaron este contaminante, y que cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75%, se encuentran localizadas en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Santiago de Cali.

5.1.5.1. Concentraciones promedio anuales

Durante el año 2016, las máximas concentraciones obtenidas a nivel nacional, correspondieron al 25% del nivel máximo permisible, lo cual refleja el bajo potencial de afectación que tiene este contaminante, sobre la salud de la población y el ambiente.

La estación de monitoreo que registró las mayores concentraciones de este contaminante fue Girardota - S.O.S Aburrá Norte, localizada en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En segundo lugar, se ubicó la estación de monitoreo La Ermita, ubicada en la capital del Valle del Cauca, en donde el promedio anual de este contaminante fue de 6 µg/m³.

Por su parte, ninguna de las estaciones localizadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente superó los 5 µg/m³, siendo la estación Kennedy, la que registró las mayores concentraciones en el Distrito Capital.

5.1.5.2. Tendencias anuales 2011 – 2016

En la figura 31, se presenta el análisis histórico de las concentraciones de Dióxido de Azufre a nivel nacional para el periodo 2011 – 2016.

De manera general, se aprecia como a partir del año 2012, las concentraciones de este contaminante no han excedido los 20 µg/m³ en ninguna de las estaciones de monitoreo, que han evaluado esta sustancia a nivel nacional.

Durante el año 2016, dos estaciones de monitoreo registraron un leve incremento en la concentración promedio anual, las cuales corresponden a Centro de Alto Rendimiento y Puente Aranda, localizadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente.

5.1.5.3. Excedencias al nivel máximo diario

Durante el año 2016, no se presentaron excedencias al nivel máximo diario, ni al límite establecido para este contaminante en un tiempo de exposición de tres horas.

La máxima concentración diaria fue 41 µg/m³, la cual fue registrada en la estación Girardota - S.O.S Aburrá Norte (AMVA), y es inferior al límite máximo permisible de 250 µg/m³.

Por su parte, el promedio móvil de 3 horas más alto registrado durante el año 2016, fue registrado en la misma estación, donde se alcanzó una concentración de 159 µg/m³, valor que es notablemente inferior a los 750 µg/m³, establecidos como nivel máximo permisible en este tiempo de exposición.

Figura 30. Concentraciones promedio anuales de Dióxido de Azufre (SO₂) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%.

El nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución de 610 de 2010 para este contaminante es de 80 µg/m³.

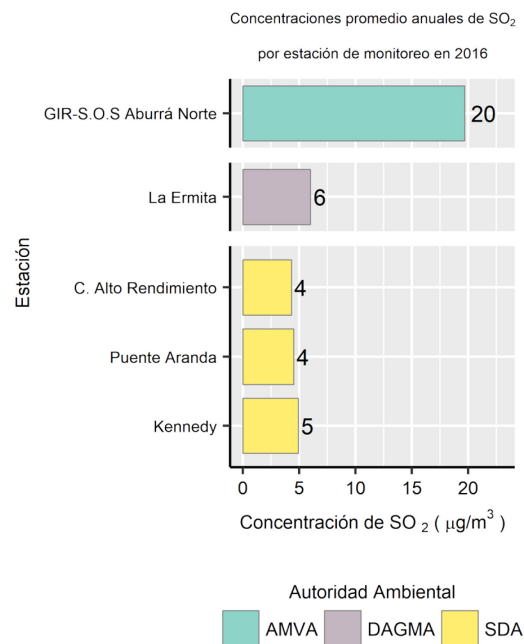
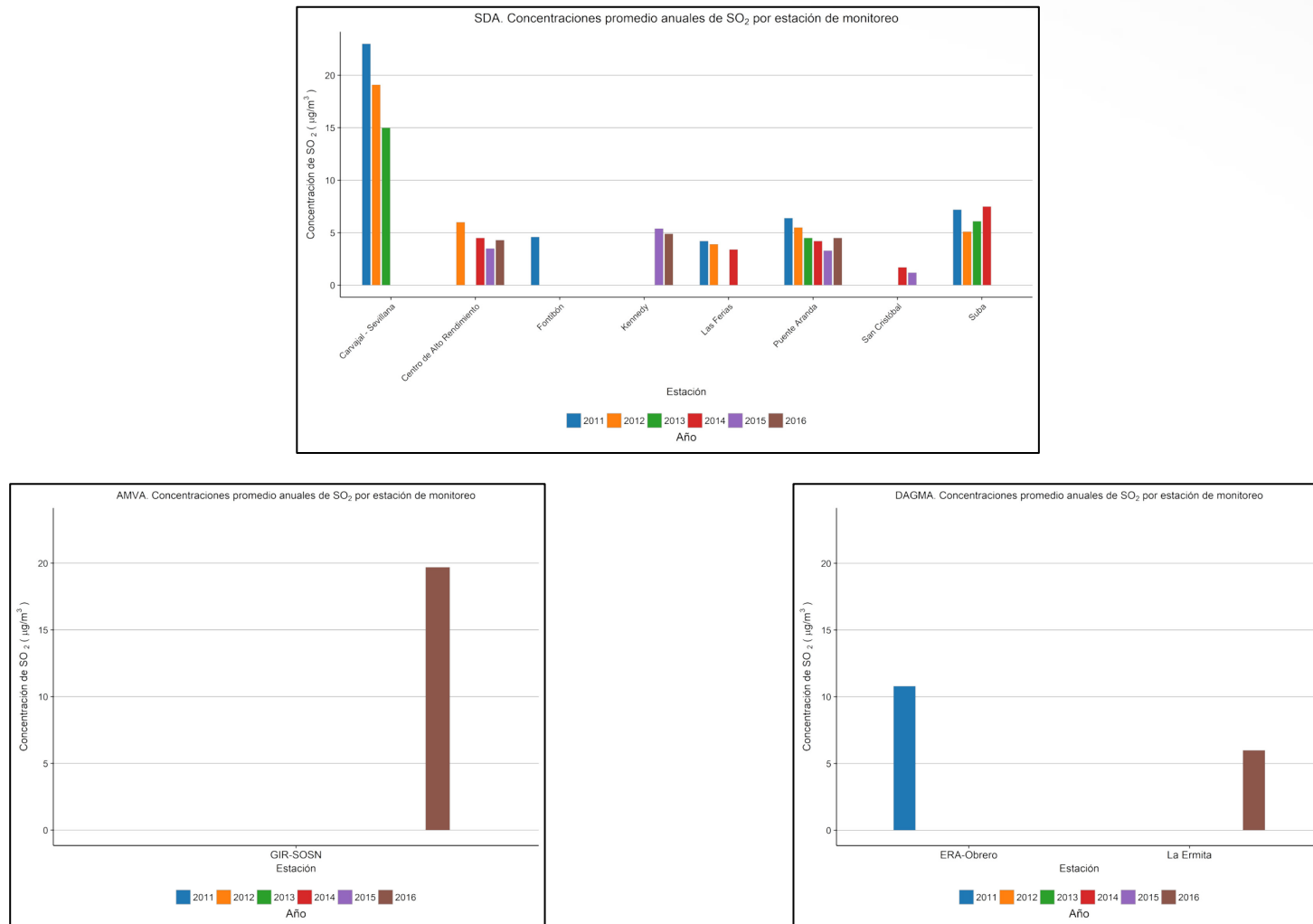


Figura 31. Concentraciones promedio anuales de SO₂ para las estaciones de los SVCA de DAGMA, SDA y AMVA, que tienen una representatividad temporal igual o superior a 75%.

El nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante es de 80 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.



5.1.6. Ozono Troposférico – O₃

Las estaciones de monitoreo que evaluaron este contaminante y que cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75 %, se encuentran ubicadas en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, del Establecimiento Público Ambiental de Cartagena y de la Secretaría Distrital de Ambiente.

La Resolución 610 de 2010, establece los niveles máximos permisibles de O₃ en 120 µg/m³ y 80 µg/m³ para tiempos de exposición de 1 hora y 8 horas, respectivamente. En este contaminante no existe un límite anual y, por tanto, la evaluación del comportamiento de los promedios anuales carece de un valor de comparación.

“Es importante destacar que el nivel máximo permisible establecido por la normatividad colombiana para una media de ocho horas (80 µg/m³), es mucho más estricto que el establecido como valor guía (100 µg/m³), por la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo cual conduce a que se presente un mayor número de excedencias a nivel nacional.”

5.1.6.1. Excedencias al nivel máximo octohorario

En la estación de monitoreo Colegio el Concejo localizada en el municipio de Itagüí, se presentaron 157 días con excedencias al nivel máximo permisible establecido para un tiempo de exposición de ocho horas, razón por la cual es el punto que a nivel nacional presenta las mayores concentraciones de ozono durante el año 2016.

El segundo sitio con mayor número de excedencias fue la estación de monitoreo Universidad del Valle, localizada en jurisdicción del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Santiago de Cali, en donde se presentaron 146 días con excedencias al nivel máximo de ocho horas durante 2016.

El tercer sitio con mayores problemáticas ocasionadas por la presencia de este contaminante corresponde a la estación de monitoreo Corporación Lasallista, ubicada en el municipio de Caldas (Antioquia) en donde el total de días con excedencias durante 2016 fue 133.

Por su parte, las estaciones de monitoreo Pance y Tanques La Ye, localizadas en las ciudades de Santiago

de Cali y Medellín respectivamente, presentaron 115 y 100 días con excedencias al nivel máximo octohorario establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante.

En las otras estaciones de monitoreo ubicadas a nivel nacional, el número de días con excedencias al nivel máximo permisible de 8 horas, oscila entre 0 y 88, siendo la estación de monitoreo Tunal (SDA), la única que no registra ningún sobrepaso a la norma durante el año 2016.

5.1.6.2. Tendencias anuales 2011 – 2016

En la figura 33, se presenta el análisis histórico del número de excedencias al nivel máximo permisible establecido para un tiempo de exposición de 8 horas.

En las estaciones de monitoreo Pance y Universidad del Valle, localizadas en Santiago de Cali, se aprecia que el número de días con excedencias se redujo significativamente con relación a los casos registrados en el año 2015.

De igual manera, las estaciones de monitoreo localizadas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, reportan un ligero descenso con relación a los días con excedencias al nivel máximo permisible reportados durante el año 2015.

Por el contrario, las estaciones de monitoreo Centro de Alto Rendimiento, Guaymaral, Kennedy, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Las Ferias, localizadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente, durante el año 2016 registraron mayores días con excedencias al nivel máximo permisible establecido para un tiempo de exposición de ocho horas con relación a lo reportado en años anteriores.

5.1.6.3. Excedencias al nivel máximo horario.

La Resolución 610 de 2010 establece un límite de 120 µg/m³ para este contaminante cuando el tiempo de exposición es de 1 hora. En los casos evaluados a nivel nacional, las estaciones de monitoreo Colegio Concejo Itagüí (AMVA), Universidad del Valle (DAGMA), Medellín – Tanques La Ye (AMVA) y Corporación Lasallista – Caldas (AMVA) son las que presentan el mayor número de días con excedencias al nivel normativo horario, con 159, 156, 123 y 107 sobrepasos.

Figura 32. Número de días de excedencias de O₃ para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una cobertura temporal igual o mayor a 75% en 2016.

El límite máximo permisible es 80 µg/m³ en un tiempo de exposición de 8 horas.

Días de excedencias de O₃ por estación de monitoreo en 2016. Límite de 80 µg/m³

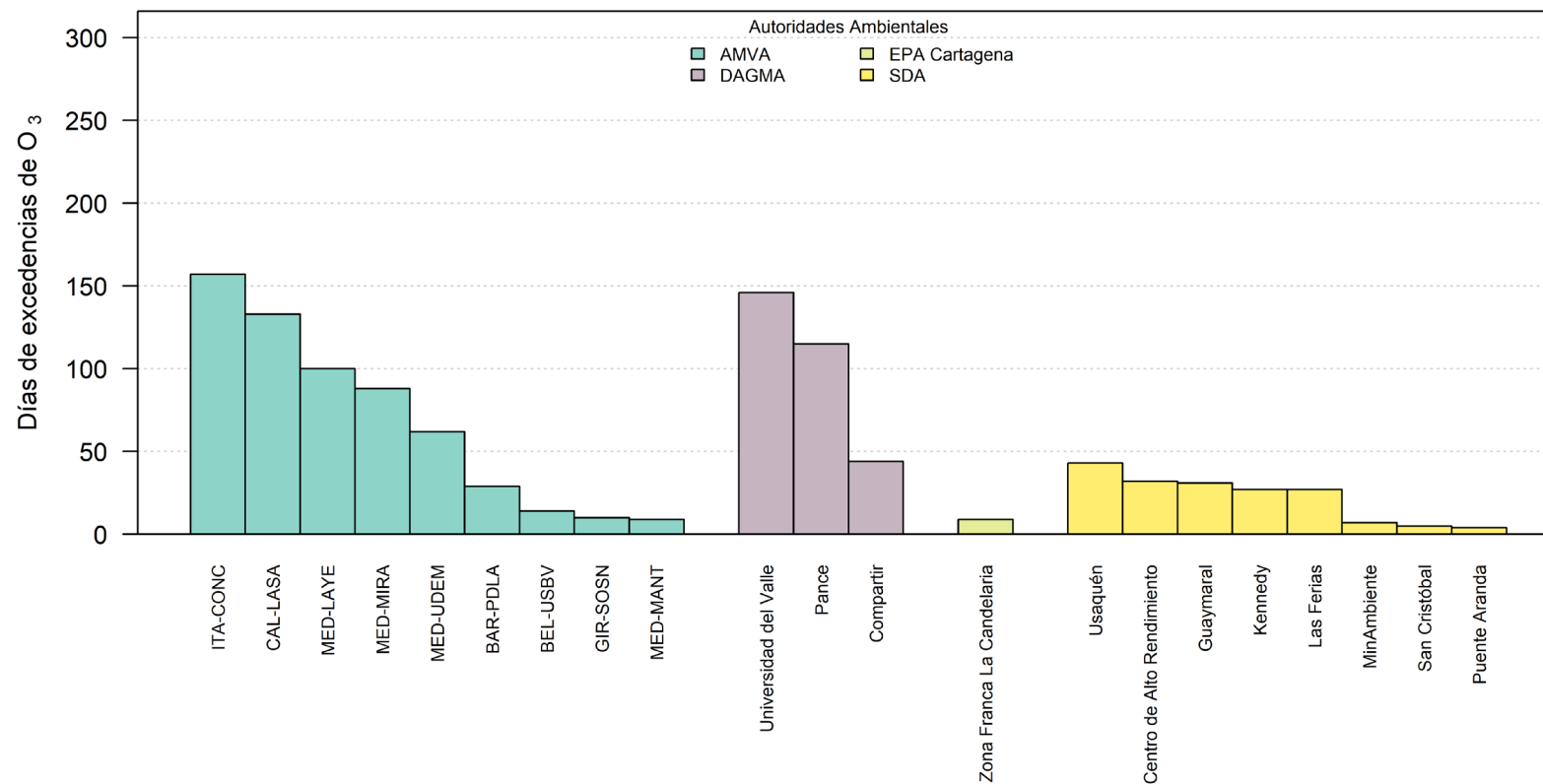
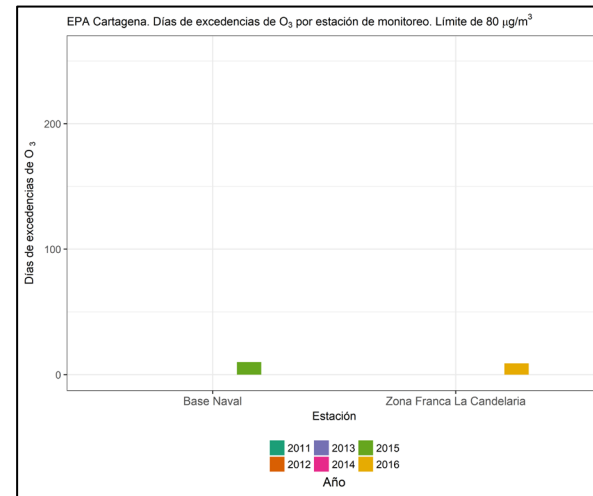
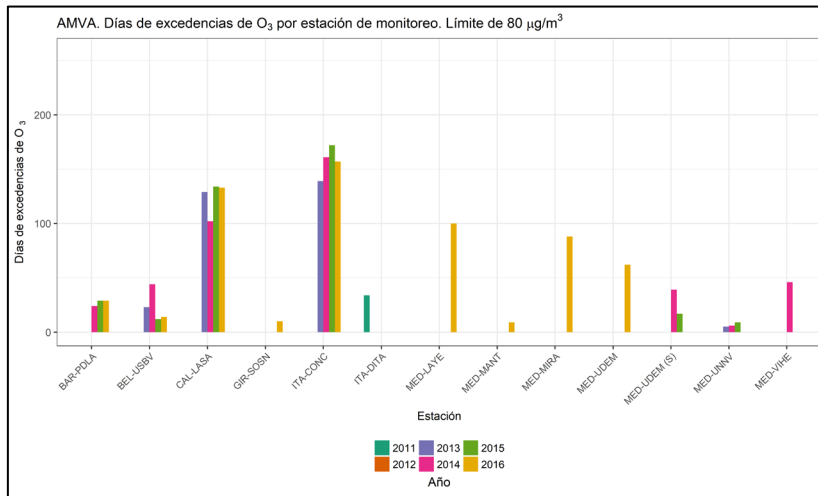
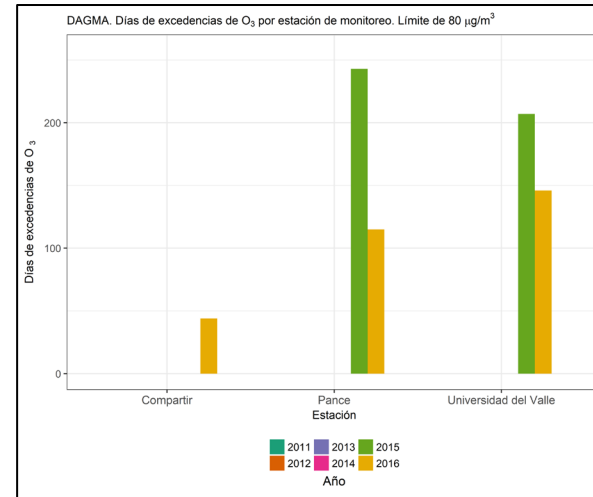
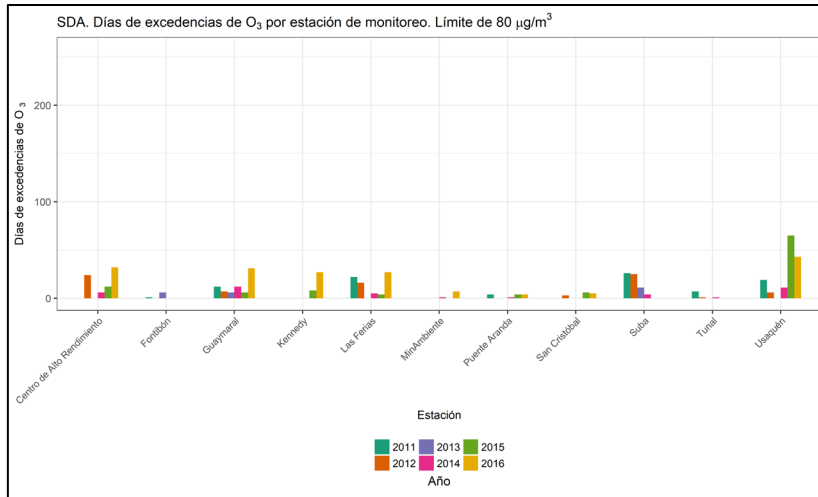


Figura 33. Número de días de excedencias de O₃ para las estaciones de los SVCA de AMVA, DAGMA, EPA CARTAGENA y SDA que presentaron una cobertura temporal igual o superior a 75% entre 2011 y 2016.

El límite máximo permisible es 80 µg/m³ en un tiempo de exposición de 8 horas.



5.1.7. Monóxido de Carbono - CO

Este gas es producto de la combustión incompleta, y la importancia de su seguimiento y control radica en que durante los procesos de respiración tiene la capacidad de sustituir al oxígeno en la hemoglobina de la sangre, por lo cual interfiere en la transferencia de oxígeno a los tejidos, lo cual en altas concentraciones puede ser mortal.

La Resolución 610 de 2010, establece los niveles máximos permisibles de CO en el aire ambiente, en 40000 µg/m³ y 10000 µg/m³ para tiempos de exposición de 1 hora y 8 horas, respectivamente. Al igual que lo ocurrido con el Ozono, en este contaminante no existe un límite anual y, por tanto, la evaluación del comportamiento de los promedios anuales carece de un valor de comparación.

Las estaciones de monitoreo que evaluaron este contaminante y que cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75 %, se encuentran ubicadas en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y de la Secretaría Distrital de Ambiente.

5.1.7.1. Excedencias al nivel máximo octohorario.

Durante el año 2016, ninguna de las concentraciones obtenidas para este contaminante a nivel nacional excede los niveles máximos permisibles horario y octohorario, establecidos por la Resolución 610 de 2010.

A nivel nacional, las máximas concentraciones para un tiempo de exposición de 8 horas, se obtuvieron en la estación de monitoreo Politécnico Jaime Izasa Cadavid, localizada en la ciudad de Medellín, en donde se alcanzaron 4900 µg/m³, valor que es inferior al 50% del límite normativo.

Por su parte, las estaciones de monitoreo localizadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente registraron concentraciones máximas promedio octohorario, que oscilan entre 3500 µg/m³ y 4500 µg/m³, correspondiendo el mayor valor a los datos reportados por las estaciones Centro de Alto Rendimiento y Tunal.

5.1.7.2. Tendencias anuales 2011 – 2016.

En la figura 35, se presenta el comportamiento histórico de este contaminante, a partir de los promedios anuales obtenidos por estación de monitoreo, dado que en el periodo 2011 -2016 no se ha reportado ninguna excedencia a los límites horario y octohorario establecidos en la Resolución 610 de 2010.

En la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, históricamente ninguna estación de monitoreo ha sobrepasado los 1800 µg/m³ en promedio anual, y la máxima concentración promedio octohorario correspondió a 4900 µg/m³ y se registró en la estación Medellín – Museo de Antioquía en el año 2014.

Por su parte, el máximo promedio octohorario histórico que se ha registrado en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente fue de 5300 µg/m³ en la estación de monitoreo Carvajal – Sevillana durante el año 2014.

5.1.7.3. Excedencias al nivel máximo horario.

La Resolución 610 de 2010 establece un límite de 40000 µg/m³ para este contaminante cuando el tiempo de exposición es de 1 hora. En los casos evaluados a nivel nacional, las estaciones de monitoreo Kennedy y Tunal, localizadas en jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente, fueron las que presentaron las mayores concentraciones horarias con 9200 µg/m³ y 7300 µg/m³, las cuales son notablemente inferiores al valor límite establecido para este tiempo de exposición.

Figura 34. Concentraciones promedio anual de CO, para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una cobertura temporal igual o mayor a 75% en 2016.

El límite máximo permisible es 10 mg/m³ en un tiempo de exposición de 8 horas.

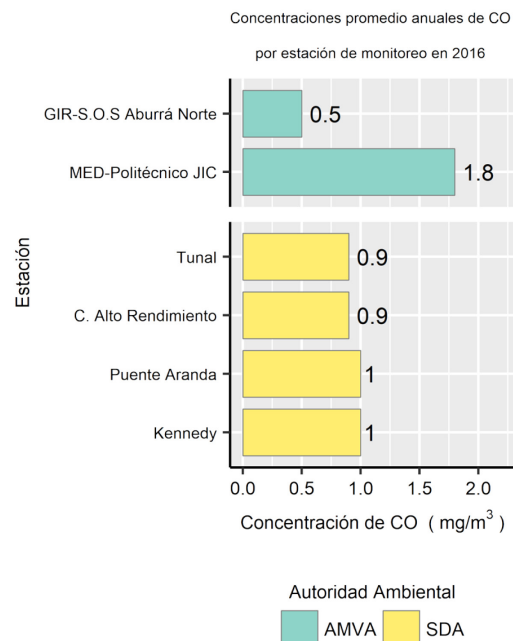
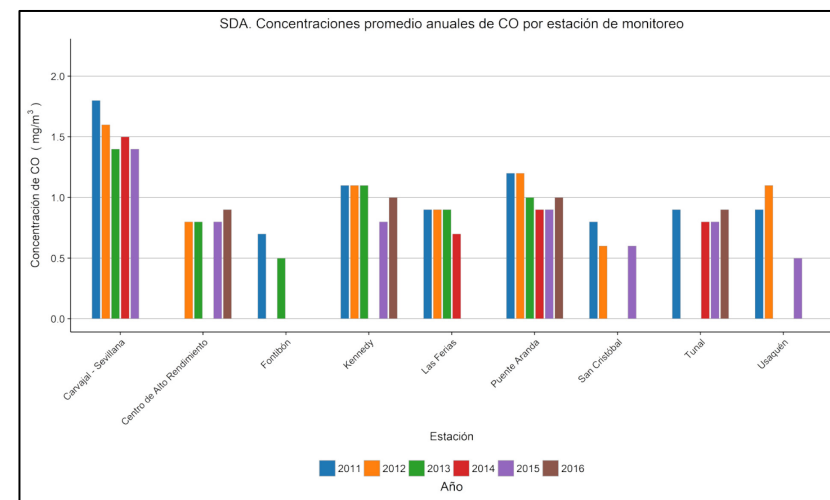
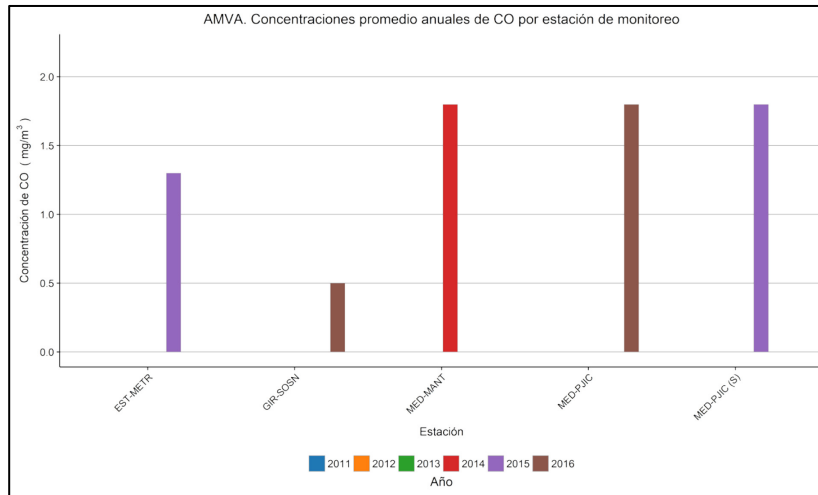


Figura 35. Número de días de excedencias de CO para las estaciones de los SVCA de AMVA y SDA que presentaron una cobertura temporal igual o superior a 75% entre 2011 y 2016.

El límite máximo permisible es 10 mg/m³ en un tiempo de exposición de 8 horas.



5.2 Índice de Calidad del Aire – ICA

La evaluación de los potenciales efectos de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos en la salud de la población se realiza a través del cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA), el cual corresponde a un valor adimensional, que le asigna a determinada concentración, una categoría y un color, que representa los potenciales efectos asociados en la salud.

El Índice de Calidad del Aire el ICA, se calcula para seis de los siete contaminantes criterio contemplados en la normativa nacional (O_3 , PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , SO_2 y NO_2) en tiempos de exposición que oscilan entre 1 hora y 24 horas de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

La escala que representa el ICA, oscila entre 0 y 500, donde los valores más altos corresponden a mayores niveles de contaminación atmosférica y, en consecuencia,

efectos más nocivos a la salud de la población. Este rango se divide en seis categorías que son indicativas del estado general del aire teniendo en cuenta que el propósito principal del ICA es comunicar de una manera fácil y eficaz a la población sobre los efectos de la calidad del aire sobre su salud.

La Tabla 7, presenta los puntos de corte del Índice de Calidad del Aire (ICA) de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Con excepción de las Partículas Suspendidas Totales, las concentraciones de cada uno de los contaminantes criterio establecidos por la Resolución 610 de 2010 fueron evaluadas en función de estos puntos de corte con el objetivo de determinar el potencial de afectación de estas sustancias sobre la salud de la población. Para cada Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire se presenta la contribución porcentual de las categorías contempladas en este índice por estación y año, con respecto al número total de datos.

Tabla 7. Puntos de corte del Índice de Calidad del Aire ICA en Colombia.

| ICA | COLOR | CLASIFICACIÓN | O_3 8h ppm | O_3 1h ppm (1) | PM_{10} 24h $\mu g/m^3$ | $PM_{2.5}$ 24h $\mu g/m^3$ | CO 8h ppm | SO_2 24h ppm | NO_2 1h ppm |
|-----------|----------|---|---|------------------|---------------------------|----------------------------|-------------|----------------|---------------|
| 0 - 50 | Verde | Buena | 0,000 - 0,059 | - | 0 - 54 | 0,0 - 15,4 | 0,0 - 4,4 | 0,000 - 0,034 | (2) |
| 51 - 100 | Amarillo | Moderada | 0,060 - 0,075 | - | 55 - 154 | 15,5 - 40,4 | 4,5 - 9,4 | 0,035 - 0,144 | (2) |
| 101 - 150 | Naranja | Dañina a la salud para grupos sensibles | 0,076 - 0,095 | 0,125 - 0,164 | 155 - 254 | 40,5 - 65,4 | 9,5 - 12,4 | 0,145 - 0,224 | (2) |
| 151 - 200 | Rojo | Dañina a la salud | 0,096 - 0,115 | 0,165 - 0,204 | 255 - 354 | 65,5 - 150,4 | 12,5 - 15,4 | 0,225 - 0,304 | (2) |
| 201 - 300 | Púrpura | Muy dañina a la salud | 0,116 - 0,374 (0,155 - 0,404) (4) | 0,205 - 0,404 | 355 - 424 | 150,5 - 250,4 | 15,5 - 30,4 | 0,305 - 0,604 | 0,65 - 1,24 |
| 301 - 400 | Marrón | Peligrosa | (3) | 0,405 - 0,504 | 425 - 504 | 250,5 - 350,4 | 30,5 - 40,4 | 0,605 - 0,804 | 1,25 - 1,64 |
| 401 - 500 | Marrón | Peligrosa | (3) | 0,505 - 0,604 | 505 - 604 | 350,5 - 500,4 | 40,5 - 50,4 | 0,805 - 1,004 | 1,65 - 2,04 |

(1) Para O_3 se calculará el índice usando promedios de 8 horas y de 1 hora.

(2) Para NO_2 se tendrán en cuenta valores únicamente por encima de 200 teniendo en cuenta que han sido tomados de valores y parámetros EPA.

(3) Valores de concentraciones de 8 horas de ozono no definen valores más altos de ICA (≥ 301). Los valores de ICA de 301 o mayores serán calculados con concentraciones de 1 hora de ozono.

(4) Los números entre paréntesis se asocian a valores de 1 hora que se utilizarán en esta categoría sólo si se superponen.

5.2.1 ICA – Partículas Menores a 10 micras

El cálculo del Índice de Calidad del Aire para este contaminante indica que, durante el año 2016, la única estación de monitoreo que registró concentraciones dañinas a la salud fue 11 – Ráquira Colegio, ubicada en jurisdicción de la CAR; adicionalmente los valores del ICA para esta estación indican que en ninguno de las muestras

tomadas se logró la categoría buena, y que en el 86,6% de las muestras efectivas, las concentraciones se ubican en categoría moderada.

Con respecto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la máxima categoría del ICA que se alcanzó durante el año 2016, corresponde a Dañina para la salud de grupos sensibles, la cual se registró en la estación de monitoreo

Medellín – Éxito San Antonio. En este mismo punto, y en los correspondientes a las estaciones de monitoreo Medellín – Museo de Antioquía y Caldas – Plaza de Mercado COPERPLAZA se aprecian las mayores proporciones en las que el índice de calidad del aire permanece en categoría moderada, oscilando entre 56,8% y 74,1%.

Por su parte, la estación de monitoreo Yumbo ACOPI, ubicada en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, presentó concentraciones moderadas en un 75,5%, buenas en 21,8% y Dañinas para la salud de grupos sensibles en 2,7% del total de muestras validas durante el año 2016.

En lo que respecta a la jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente, la estación de monitoreo Carvajal – Sevillana, fue la que peores condiciones registró, debido a que el resultado del cálculo del índice de calidad del aire para este contaminante indica que el 83,7% de las muestras efectivas tomadas, se ubicaron en categoría moderada.

Los resultados de la categoría buena del índice de calidad del aire para las estaciones de monitoreo pertenecientes a CORPOBOYACA, oscilan entre el 82,4% y 93,8%, siendo la estación de monitoreo Paipa, la que mayor porcentaje de muestras registró en la categoría moderada (17,2%).

En lo que respecta a la jurisdicción de CORPAMAG, la estación de monitoreo Molinos Santa Marta, fue la que mayores mediciones registró en la categoría moderada con 39,2%, porcentaje que es similar al máximo obtenido en el área de competencia del DAGMA, en donde la estación de monitoreo Compartir registro 40,3% en dicha categoría.

Por su parte, las mediciones de material particulado menor a 10 micras realizadas por las estaciones de monitoreo pertenecientes al Sistema de Vigilancia Especial de la Zona Carbonífera del Cesar, se ubicaron en la categoría buena durante la mayor parte del año, siendo las estaciones de monitoreo ZM07 – El Hatillo y ZM13 – El Hatillo las que mayores muestras reportaron en la categoría moderada con 43,5% y 46,2% respectivamente. En este mismo sistema de vigilancia se reportan mediciones que alcanzaron la categoría Dañina a la salud de grupos sensibles, las cuales se ubicaron en las estaciones ZM02 – La Jagua Centro, ZM03 – La Loma 2 y ZM07 – Plan Bonito, en donde el máximo porcentaje localizado en esta categoría corresponde a 2,8%.

5.2.2 ICA – Partículas Menores a 2.5 micras

Los resultados del cálculo del Índice de Calidad del Aire para este contaminante, indican que es el que mayor potencial de afectación tiene sobre la salud de la población.

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el comportamiento de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras fueron Dañinas a la Salud en proporciones que variaron desde el 2% de las mediciones en la estación Caldas – Corporación Lasallista hasta el 10,4% en la estación Sur Tráfico. También se registraron concentraciones Dañinas a la salud de grupos sensibles, en donde la proporción de esta categoría osciló entre 4,8% en la estación de monitoreo Girardota - S.O.S Aburrá Norte y 69,7% en el punto de monitoreo Sur – Tráfico el cual se ubica en cercanía a la estación Metro La Estrella.

En cuanto al comportamiento de este contaminante en el Distrito Capital, la estación de monitoreo Kennedy, fue la que registro las condiciones más críticas debido a que el 81,6% de las mediciones de este contaminante se ubicaron en categoría moderada, 16,2% en categoría dañina a la salud de grupos sensibles y 0,2% correspondieron a Dañinas a la Salud. También es importante destacar que, durante el año 2016, las concentraciones moderadas predominan en las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Kennedy, Las Ferias y Tunal.

En cuanto a la jurisdicción de CORPOCESAR, el 68,9% de las mediciones de PM_{2.5} realizadas en la estación de monitoreo ZM01 – La Loma Centro se ubicaron en categoría moderada, y 1,9% de las muestras validas de la estación ZM09 – La Jagua Vía fueron Dañinas a la Salud.

5.2.3 ICA – Contaminantes gaseosos

Las concentraciones obtenidas a nivel nacional para los contaminantes Dióxido de Azufre y Ozono, señalan que en más del 98% de los casos analizados, se ubican en categoría Buena, por lo cual sus los potenciales efectos en la salud de la población son mínimos.

En el caso del Dióxido de Nitrógeno, las concentraciones obtenidas a nivel nacional son tan bajas, que no califican en ninguno de los puntos de corte establecidos para el cálculo del índice de calidad del aire para este contaminante.

Figura 36. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para PM₁₀ en las estaciones de los SVCA de CAR, AMVA, CORPAMAG y CORPOBOYACA durante 2016.

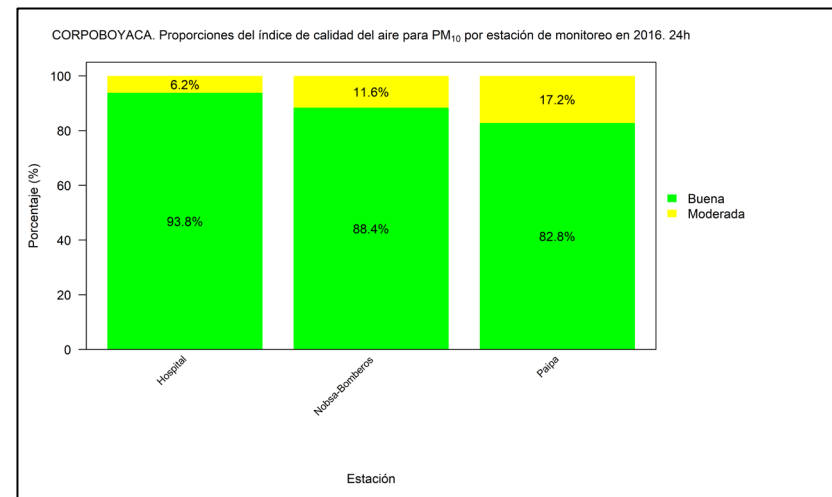
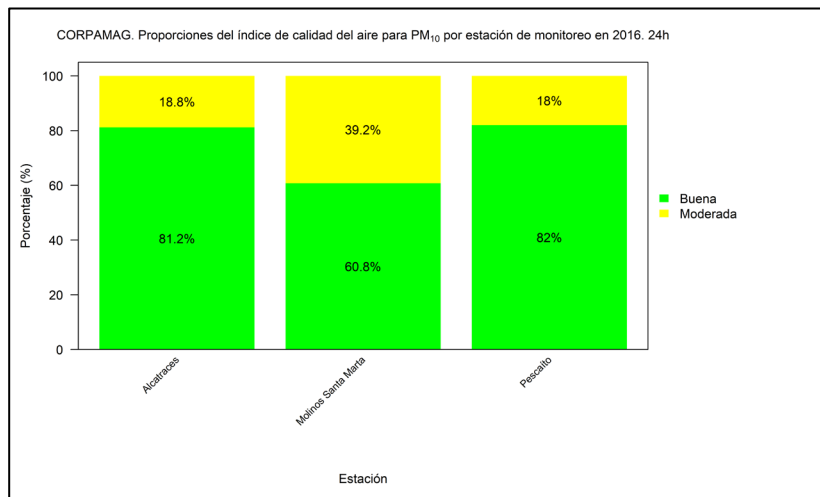
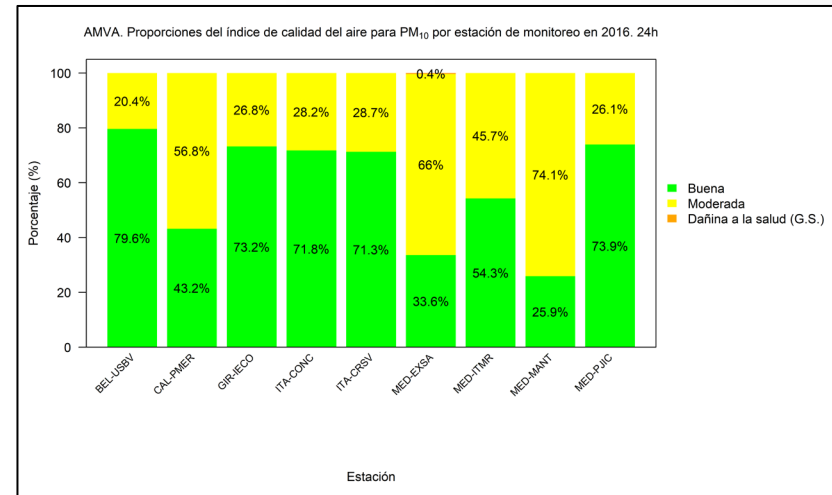
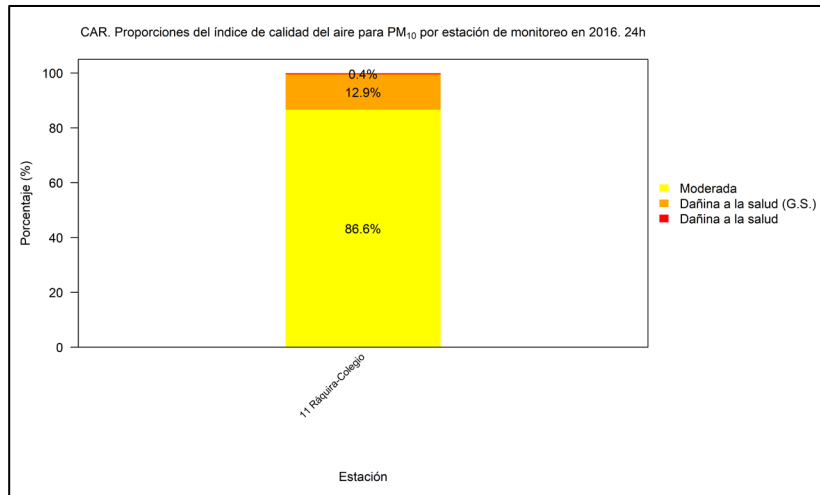


Figura 37. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para PM₁₀ en las estaciones de los SVCA de CORPOCESAR, DAGMA, CVC y SDA durante 2016.

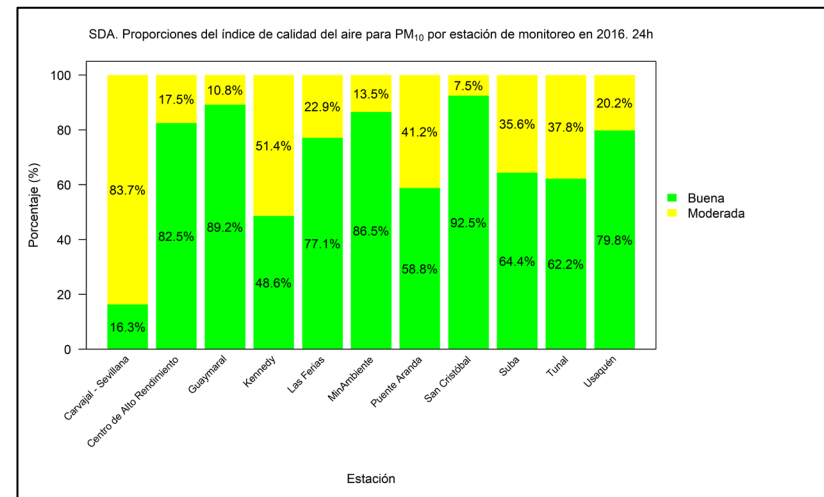
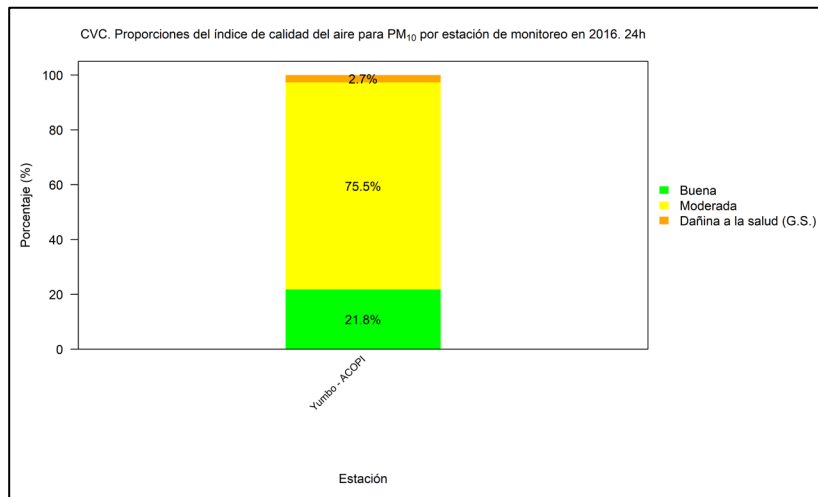
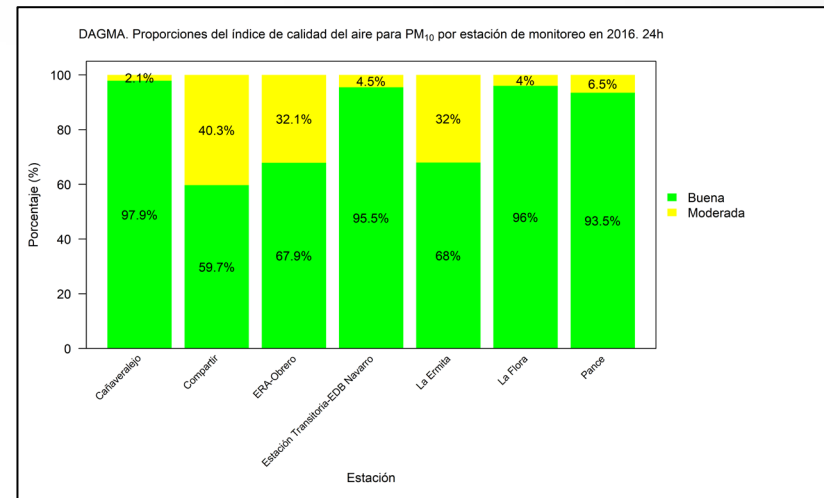
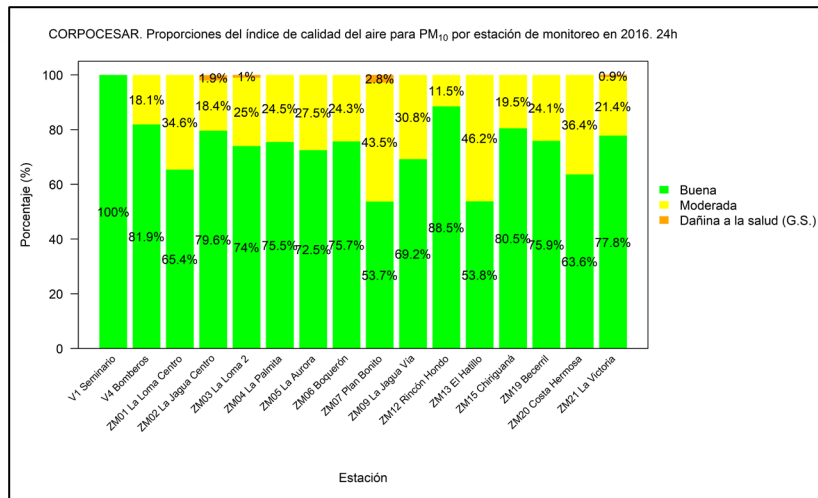


Figura 38. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para PM_{2.5} en las estaciones de los SVCA de AMVA, SDA y CORPOCESAR durante 2016.

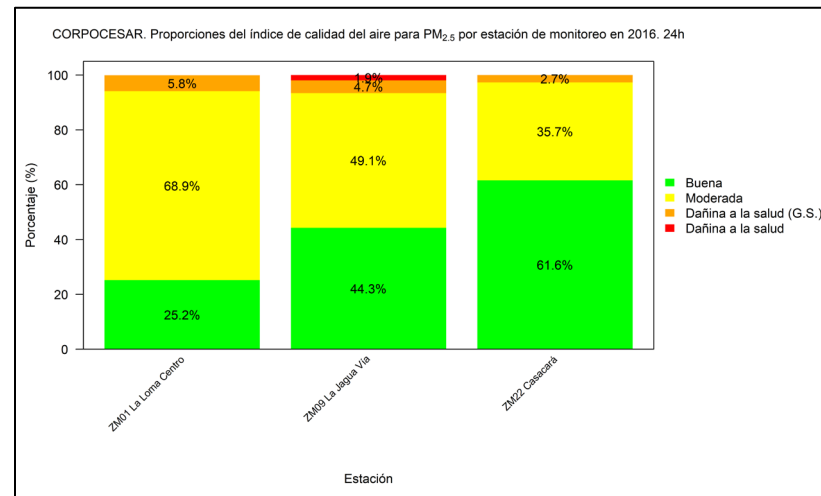
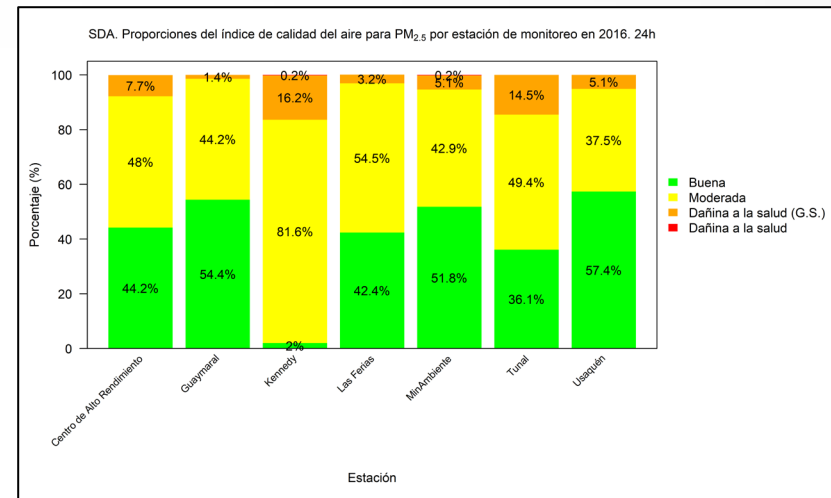
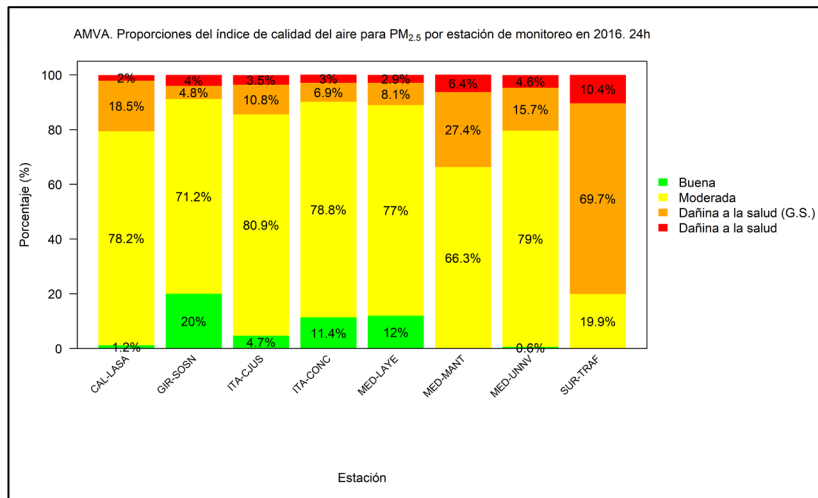


Figura 39. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para O₃ en las estaciones de los SVCA de SDA, DAGMA, AMVA y EPA CARTAGENA durante 2016.

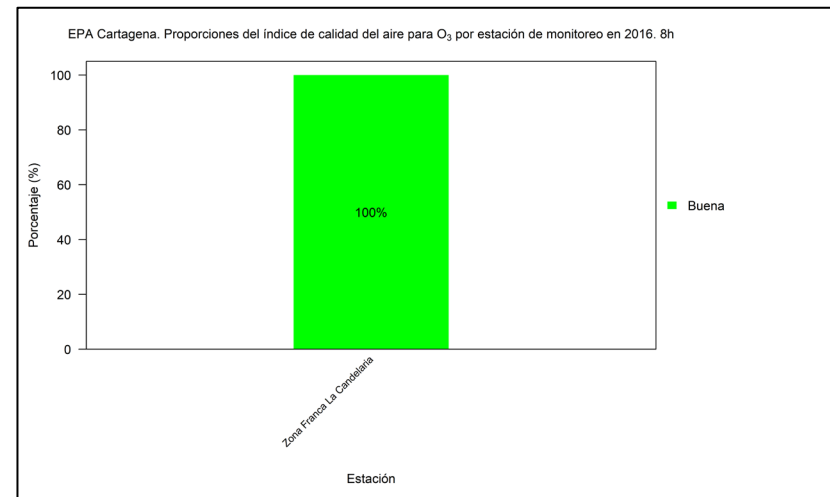
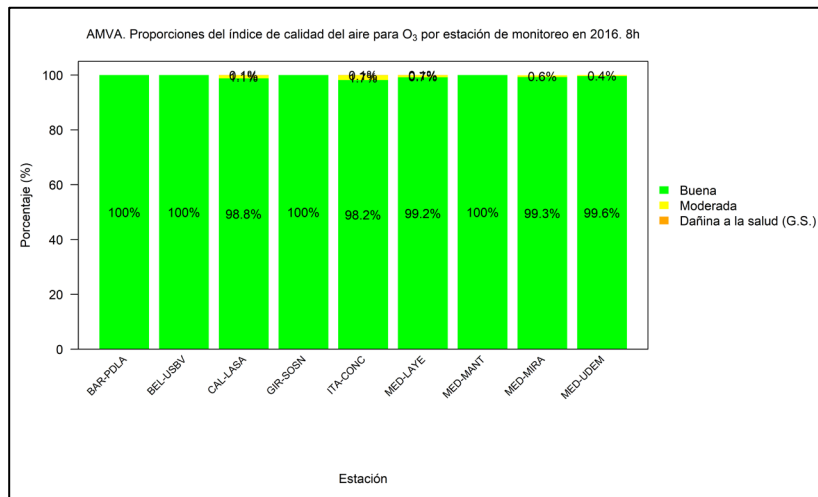
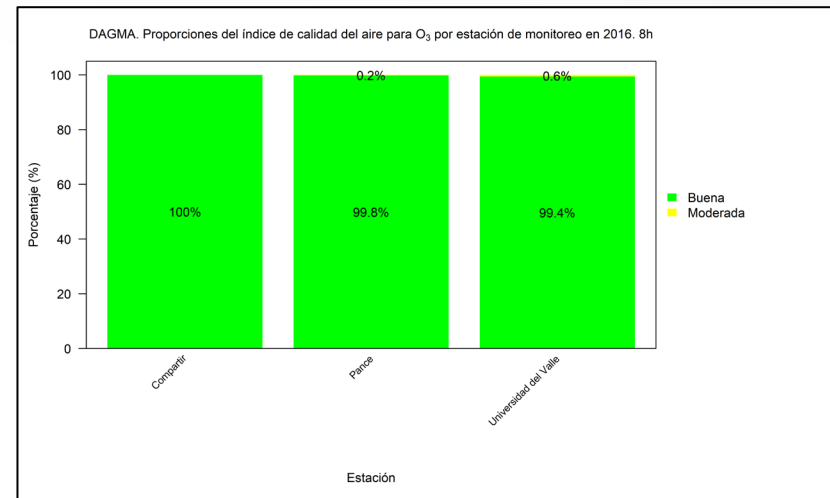
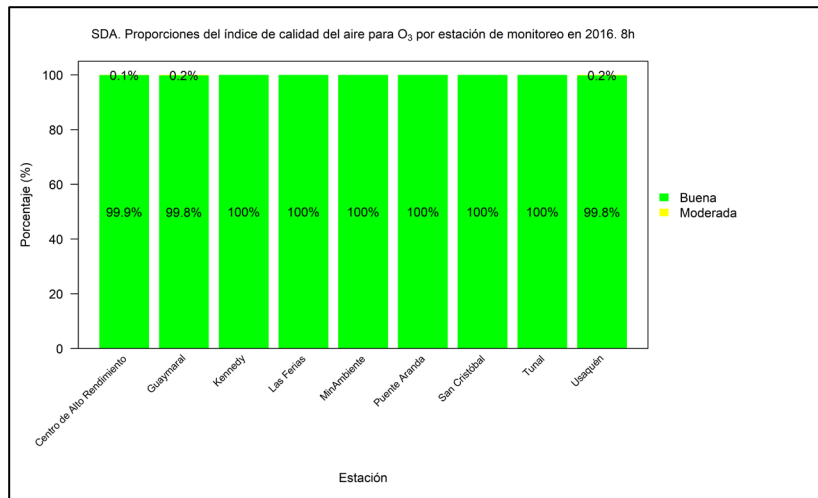
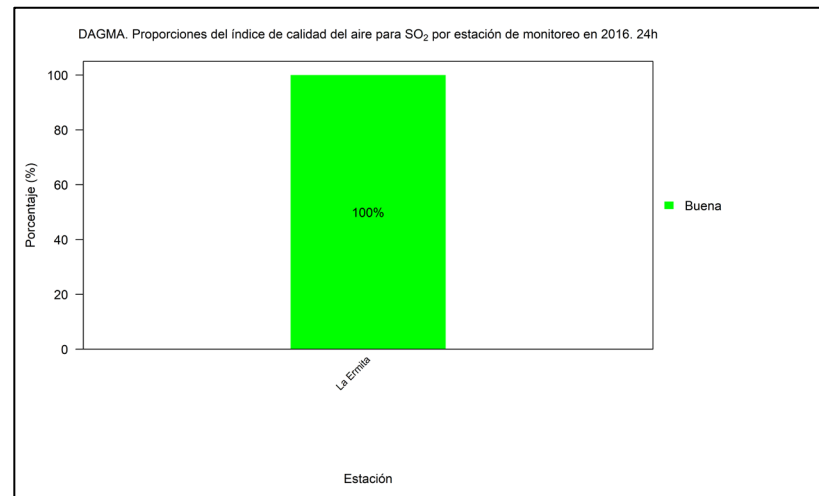
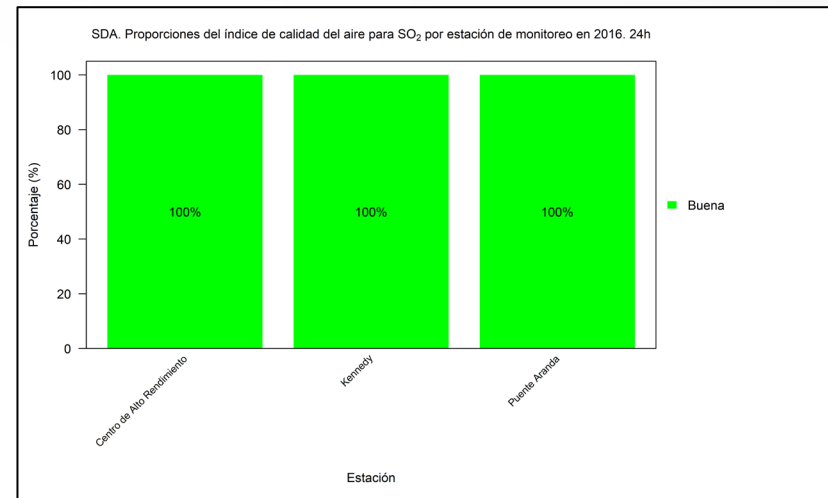
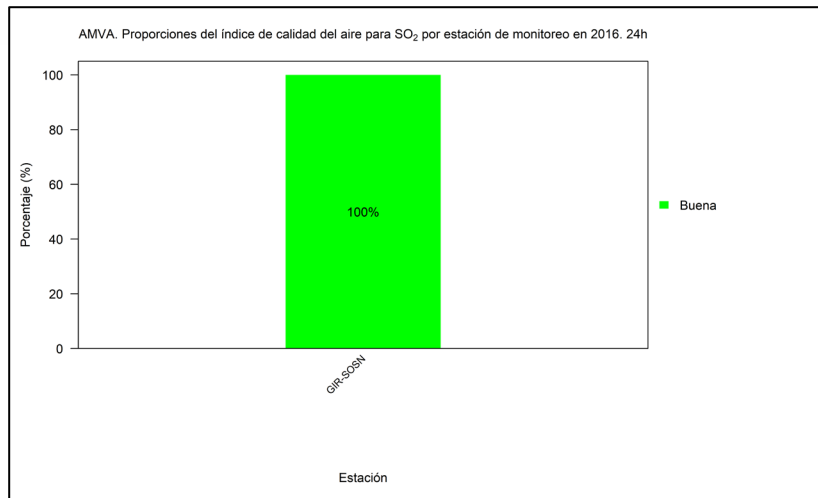


Figura 40. Proporciones de las categorías del Índice de Calidad del Aire para SO₂ en las estaciones de los SVCA de AMVA, SDA y DAGMA durante 2016.



5.3 Evaluación del indicador de seguimiento de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.

En el año 2010, el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, formuló la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire en donde estableció un plan de acción con el fin de controlar y reducir las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera del país.

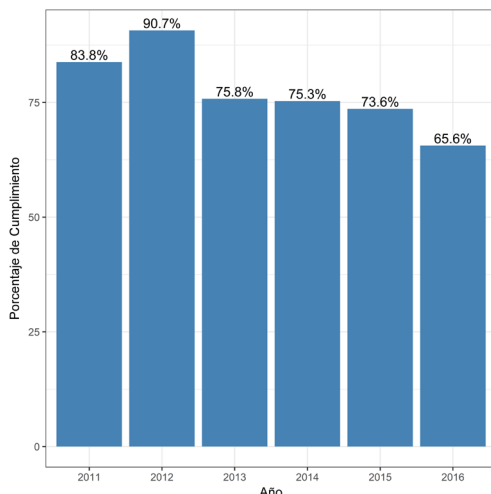
Para realizar el seguimiento, y evaluar la efectividad de las medidas implementadas, la política definió una serie de indicadores, entre los cuales se encuentra el “Porcentaje de estaciones de calidad del aire, reportando cumplimiento de la norma de calidad del aire en el país”.

Con el fin de evaluar el estado de avance de dicho indicador, se realizó el correspondiente cálculo, a partir del total de estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75%; para ello, y teniendo en cuenta que el aire es una mezcla de sustancias y partículas disueltas o suspendidas, se asumió que si alguna de las estaciones de monitoreo instaladas en el país incumplía la norma en alguno de los parámetros evaluados, la totalidad de la estación de monitoreo incumple con la norma de calidad del aire en el país.

No. estaciones de monitoreo que incumplen en algún parámetro
No. total de estaciones con representatividad temporal >75%

Los resultados de dicho cálculo se presentan en la Figura 41, donde se puede apreciar que el 65,6% de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el país reportan cumplimiento de los niveles de inmisión regulados por la Resolución 610 de 2010.

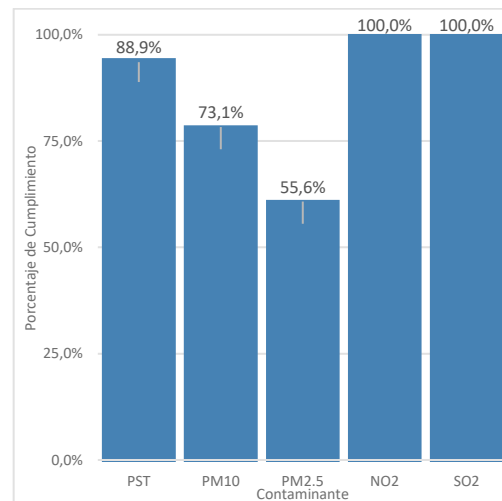
Figura 41. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire durante 2016.



En comparación a años anteriores el indicador decreció, en gran parte por el incremento en el monitoreo y seguimiento de las partículas menores a 2.5 micras, cuyos resultados a nivel nacional han puesto en evidencia las problemáticas y el potencial de afectación que viene presentando este contaminante a nivel nacional.

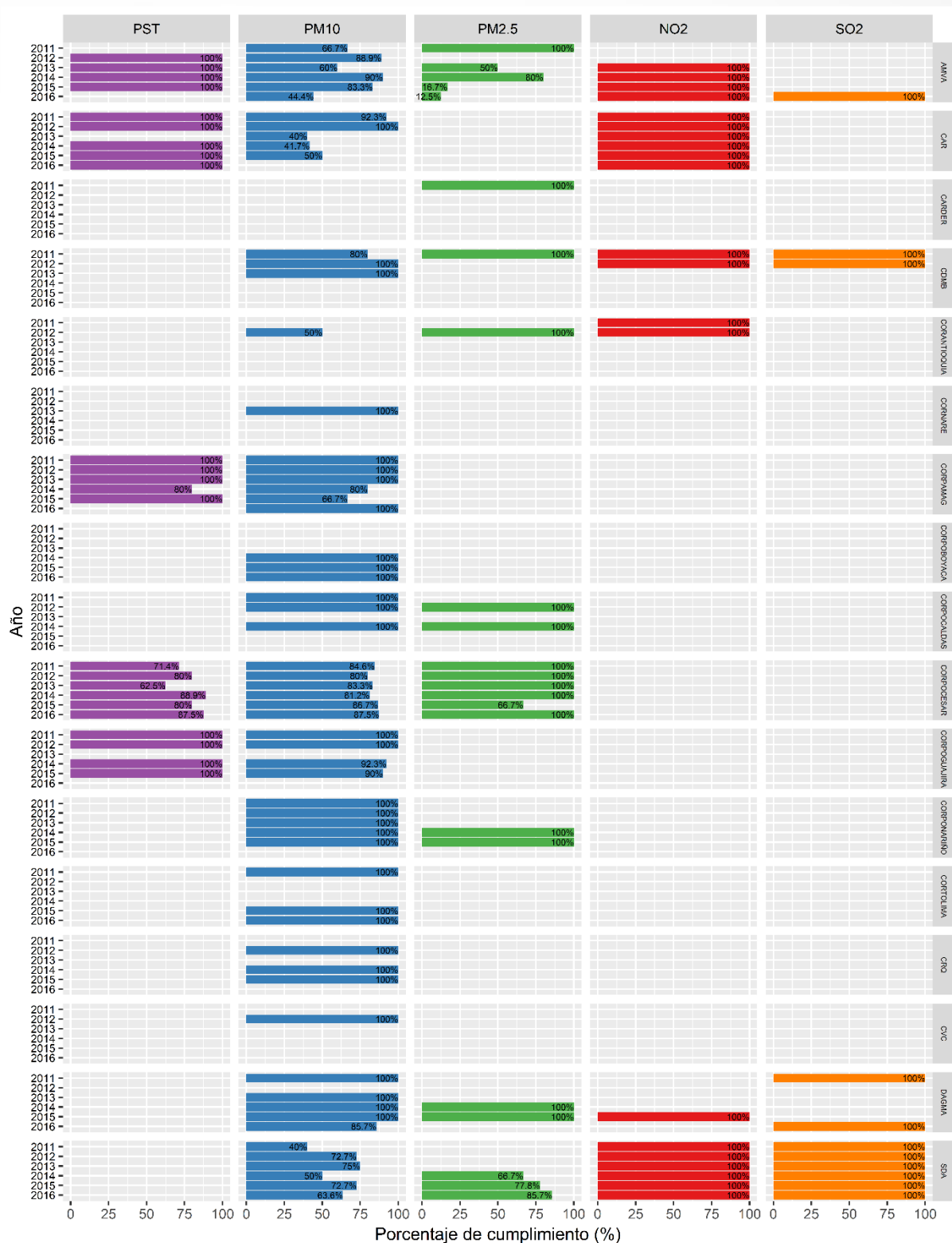
La evaluación de este indicador por contaminante a nivel nacional, señala que el 73,1% de las estaciones de monitoreo que evaluaron material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), reportaron cumplimiento de la normativa establecida para este parámetro, mientras que, del total de estaciones de monitoreo que evaluaron material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2.5}), el 55,6% de las estaciones reportaron cumplimiento del nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución 610 de 2010 para esta sustancia.

Figura 42. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire por parámetro durante 2016.



Por su parte, la valoración de este indicador por contaminante a nivel regional, indica que en las estaciones de monitoreo pertenecientes a los Sistemas de Vigilancia ubicados en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), el porcentaje de cumplimiento normativo del material particulado menor a 10 micras ha decrecido durante los últimos años, lo cual se explica por el alto crecimiento demográfico y del parque automotor que durante estos últimos años han experimentado estas regiones.

Figura 43. Porcentaje de estaciones que reportaron cumplimiento de la norma de calidad del aire, por Autoridad Ambiental y por parámetro, durante 2016.



5.4 Estaciones de monitoreo con representatividad temporal menor a 75%.

La operación y sostenimiento de un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire implica el desarrollo de diferentes actividades por parte de la Autoridad Ambiental, las cuales año a año deben garantizar en sus presupuestos los recursos suficientes que garanticen al grupo operador contar anualmente, como mínimo, con los siguientes elementos:

- Personal calificado en las operaciones de mantenimiento, calibración, reparación de los equipos e instrumentos.
- Software y personal idóneo para la captura, validación y análisis de datos, con experiencia en la elaboración y emisión de informes.
- Logística permanente para visitar las estaciones de monitoreo que conforman el sistema de vigilancia.
- Repuestos y elementos para el mantenimiento y calibración frecuente de los equipos e instrumentos.

En muchas ocasiones, y a pesar de contar con los elementos y herramientas necesarias, la operación del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire se ve afectada por factores extrínsecos como: fallas en el suministro eléctrico, condiciones meteorológicas adversas o acciones vandálicas y delictivas, las cuales condicionan la adquisición adecuada del dato y limitan el esfuerzo realizado por la Autoridad Ambiental y su Grupo Operador.

Por tal motivo, y con el fin de darle valor a los datos que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal mayor al 75%, además de cumplir con la obligación de informar a la población colombiana sobre el estado de la calidad del aire en su ciudad o región a continuación se presentan las concentraciones promedio obtenidas en dichas estaciones.

Para ellos se tuvo en cuenta lo contemplado en el numeral 5.2.5. del Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire el cual establece que en un SVCA indicativo se puede establecer la tendencia anual calculando el promedio de las mediciones diarias, con el fin de evaluar de manera **indicativa**, las tendencias de la calidad del aire en determinada estación.

En el presente análisis se incluyen las estaciones de monitoreo que superan el número de muestras validas contempladas para un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Indicativo, las cuales según el Protocolo para el

Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire corresponden a 18.

En las figuras 44, 45, 46, 47 y 48 se presenta el análisis de las concentraciones indicativas para los contaminantes Partículas Suspensas Totales (PST), Partículas menores a 10 micras (PM₁₀), Partículas menores a 2,5 micras (PM_{2.5}), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Dióxido de Azufre (SO₂).

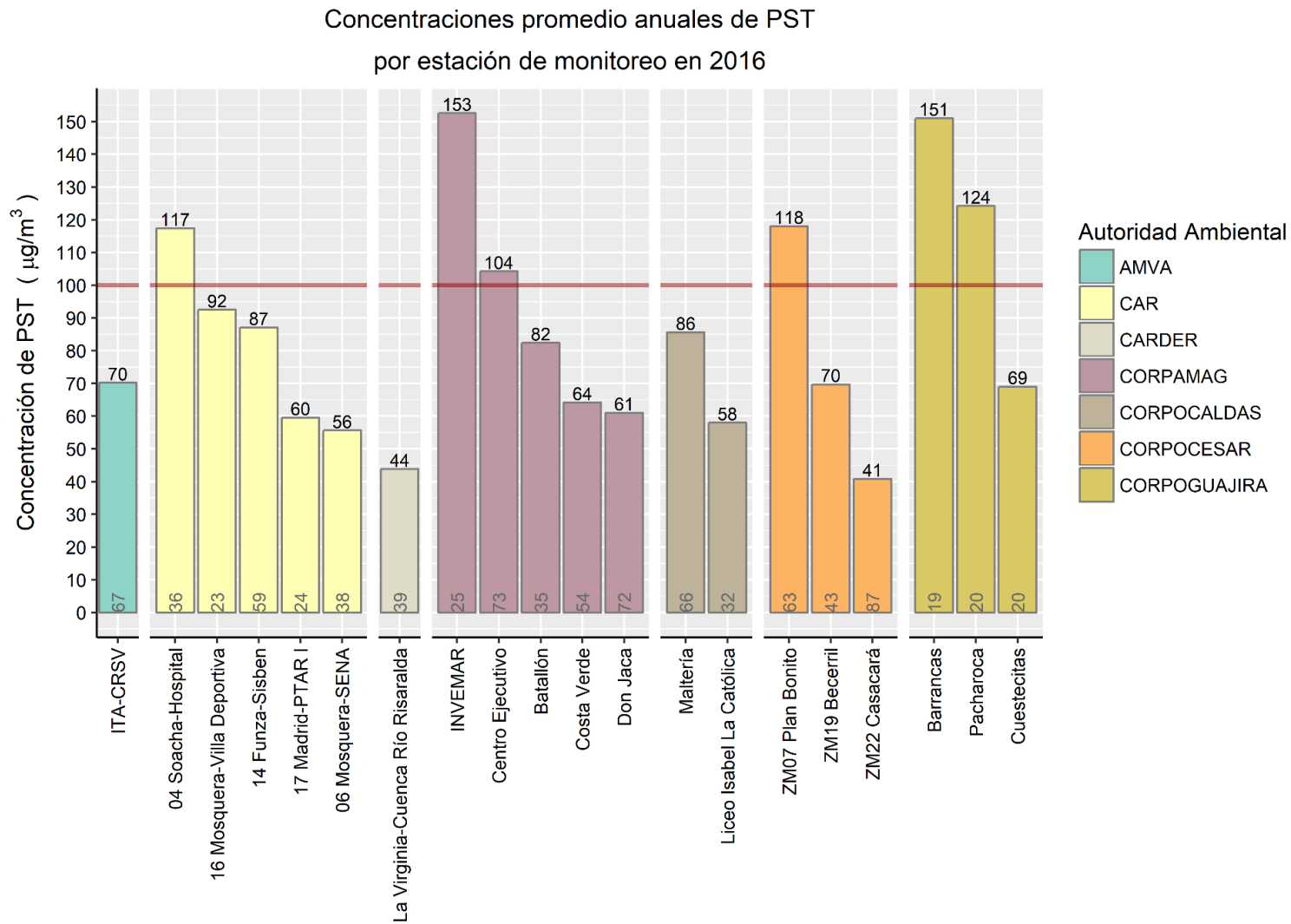
Los resultados de los monitoreos realizados para PST y que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal y que fueron incluidos en el presente análisis indicativo (Figura 44) muestran sobrepasos al valor máximo permisible anual en las estaciones de monitoreo 04 – Soacha Hospital (CAR), Invemar (CORPAMAG), Centro Ejecutivo (CORPAMAG), ZM07 – Plan Bonito (CORPOCESAR), Barrancas (CORPOGUAJIRA) y Pacharoca (CORPOGUAJIRA).

En cuanto al análisis indicativo de las mediciones de PM₁₀, que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal, la figura 45, muestra que en las estaciones de monitoreo Panamericano y Cinera (CORPONOR), Las Casitas, Provincial y Conejo (CORPOGUAJIRA), Medellín – Altavista (CORANTIOQUIA), Cabecera y Florida (CDMB), 09 – Nemocón Patio Bonito, 16 – Mosquera Villa Deportiva, 04 – Soacha Hospital, 13 – Cajicá Manas (CAR), Medellín – Universidad Nacional – Facultad de Minas y Sabaneta – Centro Administrativo Municipal (AMVA), se presentan en promedio altas concentraciones de este contaminante.

De igual manera, las estaciones de monitoreo Medellín – Universidad Nacional – Facultad de Minas y Medellín – Politécnico Jaime Izasa Cadavid (AMVA), Institución Universitaria de Envigado (CORANTIOQUIA), ZM07 – Plan Bonito (CORPOCESAR), Yumbo – ACOPI (CVC) y Carvajal Sevillana (SDA), que realizaron la evaluación y monitoreo de PM_{2.5} durante 2016, y que fueron incluidas en el presente análisis indicativo, registraron concentraciones que exceden el promedio anual establecido para este contaminante.

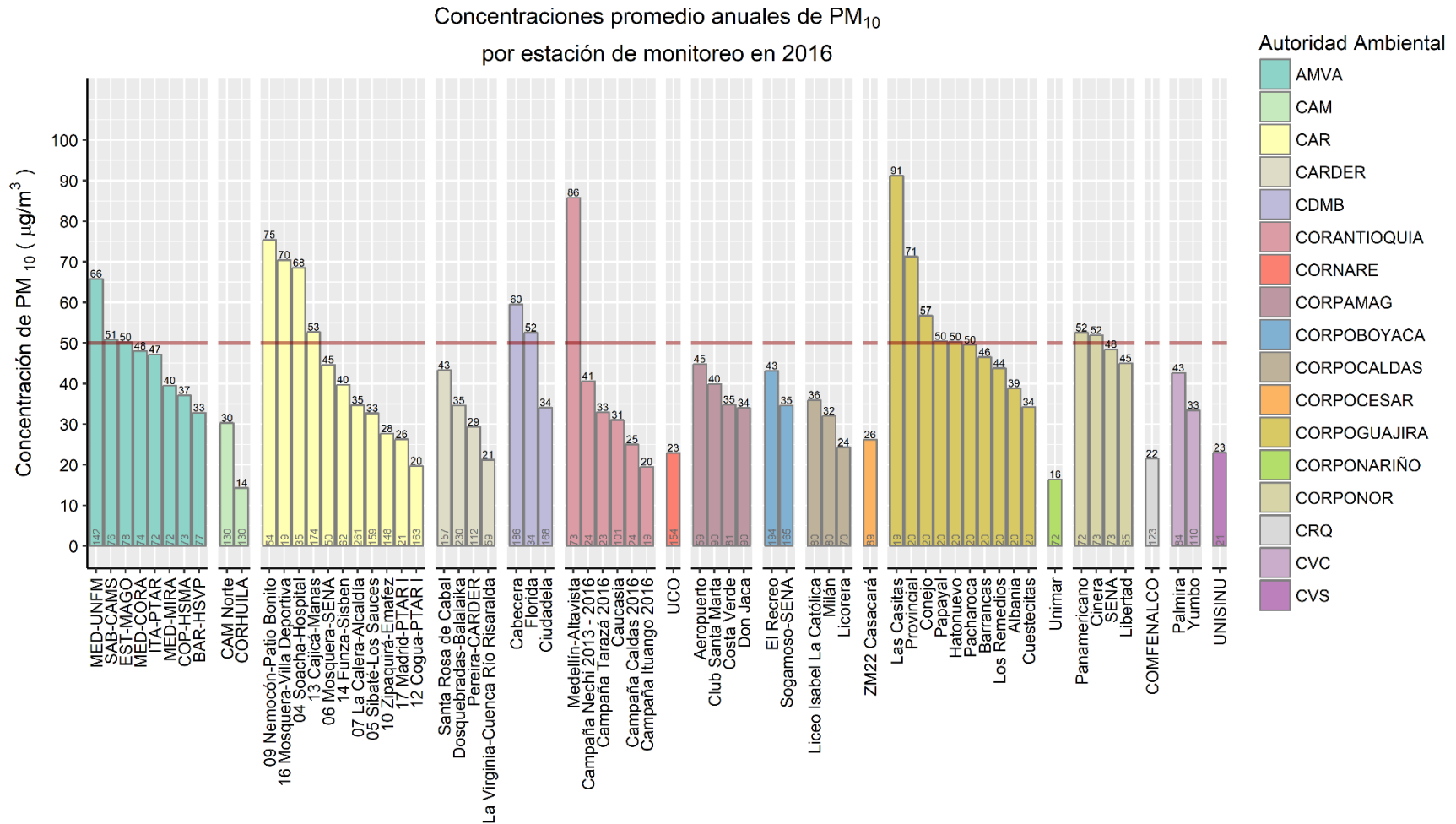
Por su parte, ninguna de las estaciones de monitoreo incluidas en el análisis indicativo que evaluaron Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno, reportaron sobrepaso a los respectivos límites normativos, lo cual pone en evidencia que las ciudades y regiones del país vienen presentando problemáticas ocasionadas por el Material Particulado, razón por la cual las Autoridades Ambientales deberán realizar el adecuado control de las fuentes de emisión y reforzar el Sistema de Vigilancia en los puntos, en los cuales la tendencia, indica sobrepasos normativos.

Figura 44. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de PST para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. El nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante es de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en un tiempo de exposición anual.



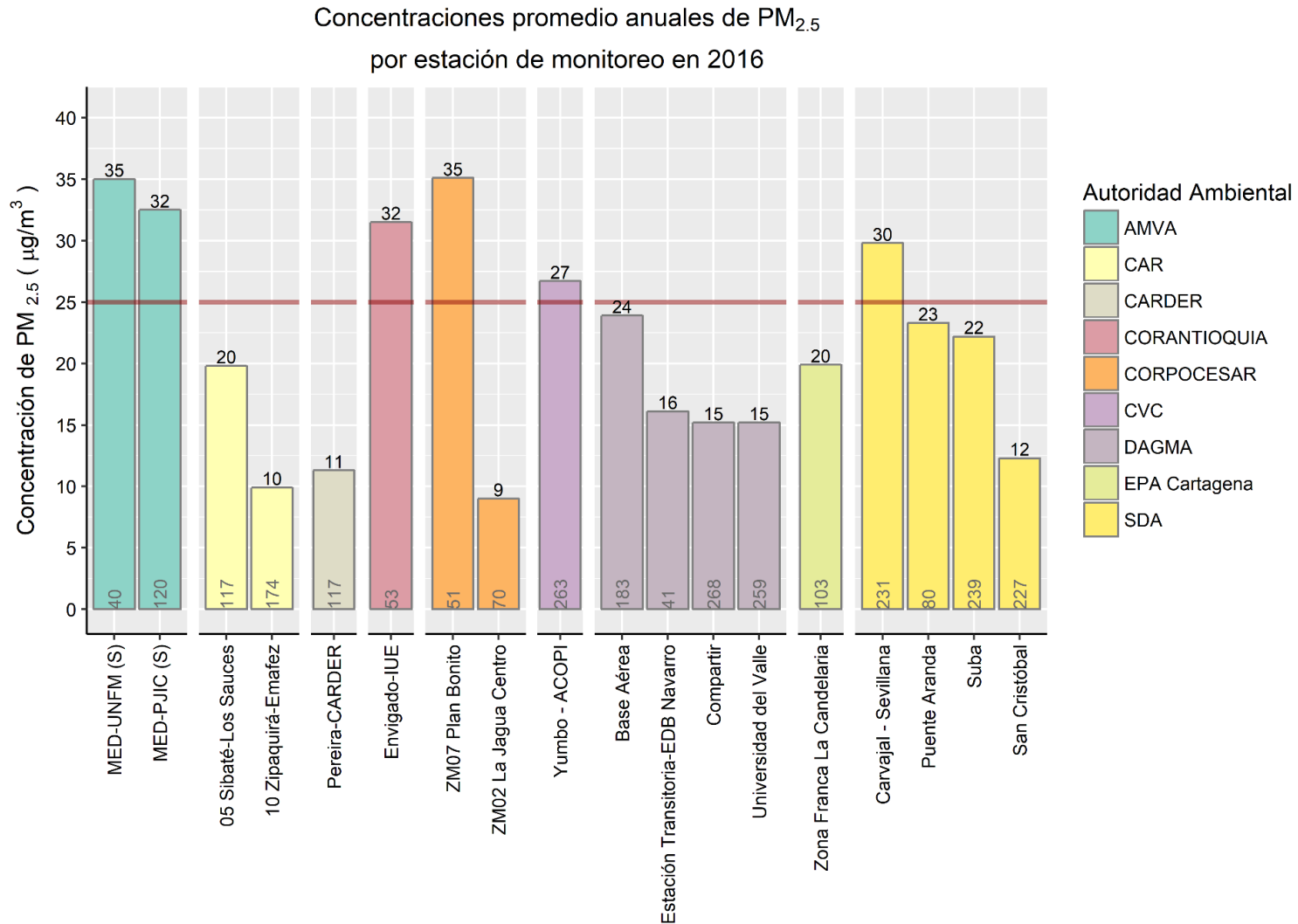
El número que se muestra en la parte superior de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en la parte inferior es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Figura 45. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de PM₁₀ para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. El nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante es de 50 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.



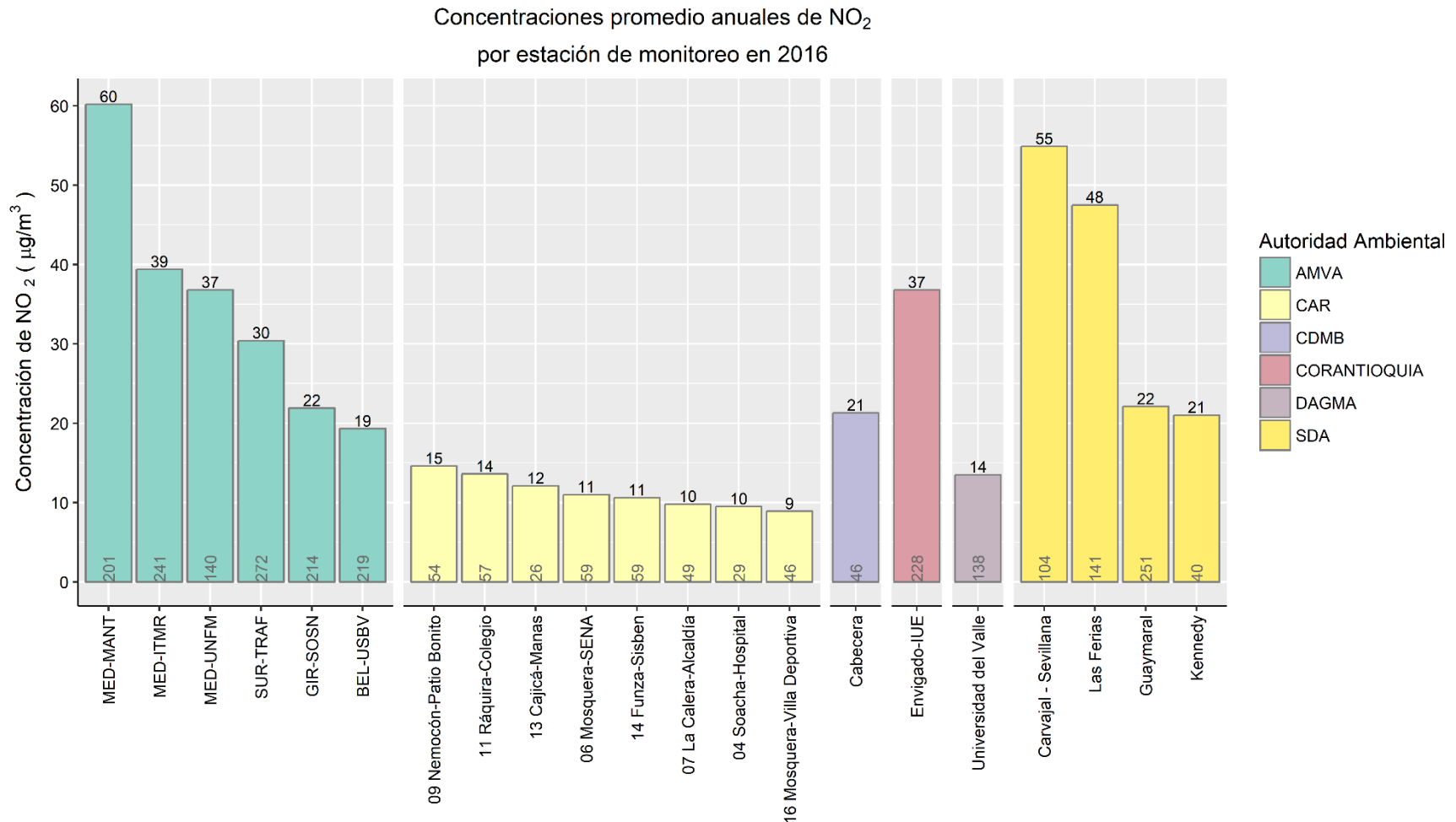
El número que se muestra en la parte superior de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en la parte inferior es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Figura 46. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de PM_{2.5} para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. El nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante es de 25 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.



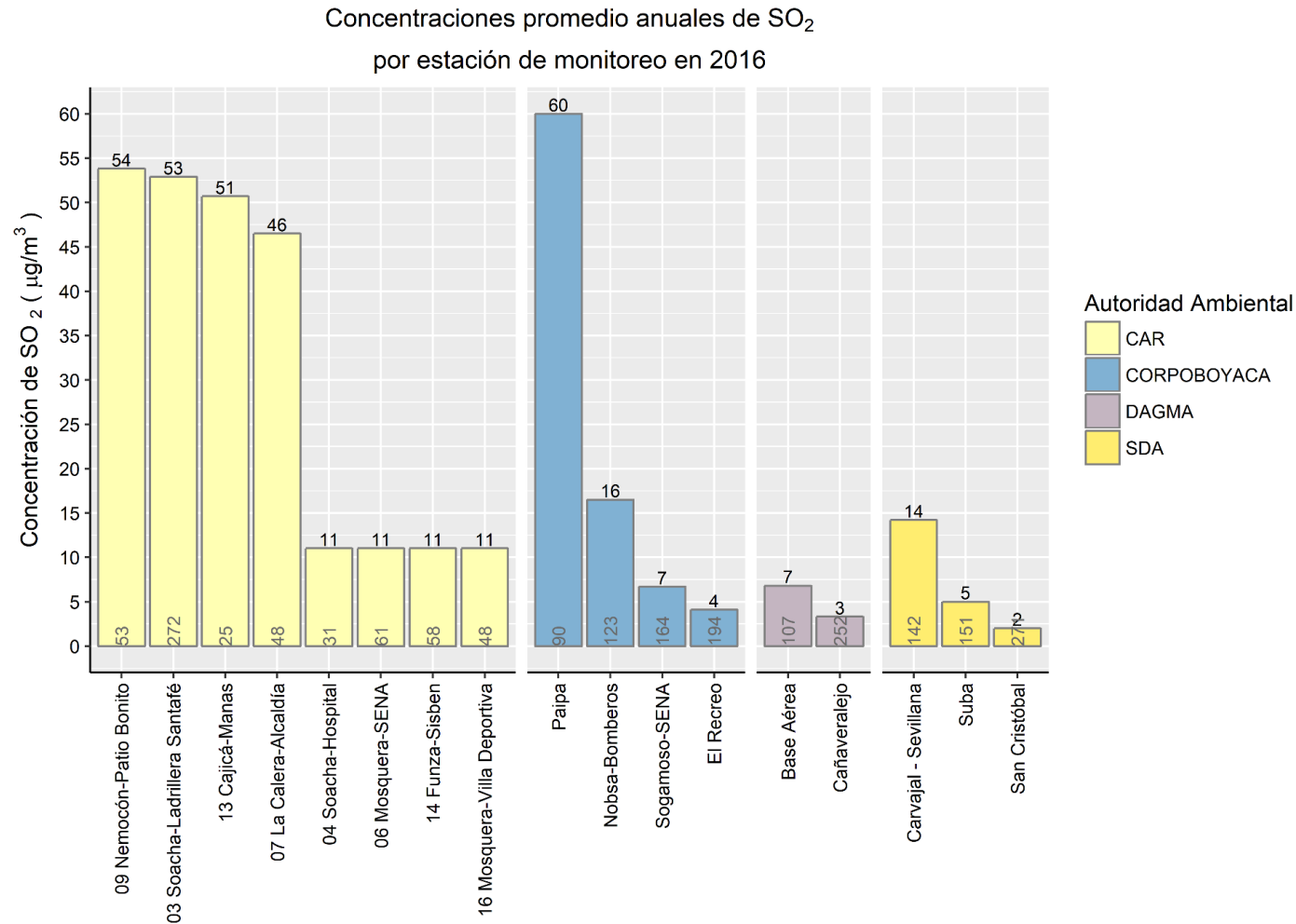
El número que se muestra en la parte superior de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en la parte inferior es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Figura 47. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de NO₂ para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. El nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante es de 100 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.



El número que se muestra en la parte superior de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en la parte inferior es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

Figura 48. Análisis Indicativo. Concentraciones promedio anuales de SO₂ para las estaciones de los SVCA, que registraron una representatividad temporal inferior a 75%. El nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante es de 80 µg/m³ en un tiempo de exposición anual.



El número que se muestra en la parte superior de cada barra representa el promedio anual del contaminante mientras que el ubicado en la parte inferior es el número de muestras válidas tomadas durante el año.

A tropical beach scene with palm trees and a cloudy sky. The image is dark and moody, with a semi-transparent dark blue overlay covering the middle section where the text is located. The background shows a sandy beach with driftwood and palm trees silhouetted against a cloudy sky.

Capítulo VI
INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LA
CALIDAD DEL AIRE

INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LA CALIDAD DEL AIRE

La meteorología juega un papel fundamental en la dispersión, concentración y transporte de un contaminante en la atmósfera. De este modo influye en el comportamiento y permanencia de las diferentes sustancias contaminantes sobre una ciudad o región, lo cual conduce a la existencia de una alta variabilidad en las concentraciones evaluadas en una estación de monitoreo.

Por tal motivo, en el presente capítulo se realiza un análisis de cruce de contaminantes atmosféricos con datos de variables meteorológicas medidos en las estaciones de monitoreo de calidad del aire, y reportados por las Autoridades Ambientales en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAI, lo cual permitirá observar la relación existente entre las variables meteorológicas y los parámetros de calidad del aire.

De las siete jurisdicciones que, durante el año 2016, realizaron seguimiento a sus variables meteorológicas (AMVA, CORANTIOQUIA, CORPOCESAR, CORPOGUAJIRA, CORTOLIMA, DAGMA y SDA), se seleccionaron para el análisis las series que cumplen con el criterio de representatividad temporal superior al 75%, siguiendo de este modo los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Una vez seleccionadas las series, se realizó el procesamiento de las bases de datos a través del software computacional de código abierto R (R Core Team, 2017), donde para los análisis específicos se utilizó el paquete openair (Carslaw & Ropkins, 2012; Carslaw D. C., 2015) el cual proporciona herramientas para análisis especializados en calidad del aire, incluyendo cruces con meteorología.

Los resultados obtenidos permiten establecer el origen, destino, variabilidad e influencia de los contaminantes atmosféricos en la zona circundante de cada una de las estaciones analizadas.

Debido a la disponibilidad de información, y a la representatividad de sus series, el presente análisis se centra en los sistemas de vigilancia de calidad del aire operados por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) y la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR).

6.1 Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

La figura 50, presenta las concentraciones de Material Particulado Menor a 10 micras (PM_{10}), obtenida en nueve (9) de las estaciones de monitoreo administradas y operadas por la Secretaría Distrital de Ambiente. Los diferentes calendarios obtenidos revelan los periodos en los cuales se presentan las más altas concentraciones de este contaminante; en general, se observa que entre los meses de enero y marzo las estaciones de monitoreo reportan las más altas concentraciones, lo cual es coincidente con los periodos más secos en la ciudad, y en los cuales es frecuente que se presenten procesos de inversión térmica, que dificultan la dispersión de los diferentes contaminantes.

Inversión Térmica: Es un fenómeno meteorológico que consiste en el aumento de la temperatura en función de la altura, contrario al flujo normal del aire desde las capas más bajas de la atmósfera a las más altas.

El proceso bajo el cual se generan las inversiones térmicas consiste en lo siguiente: En las noches despejadas, el suelo pierde calor por radiación con gran velocidad, y a su vez, enfría el aire que entra en contacto con él, haciéndolo más frío que el que está en las capas superiores colindantes. De este modo, se genera una capa de aire caliente, que queda atrapada entre dos capas de aire frío. Por tal motivo, el aire frío en contacto con el suelo no puede ascender, impidiendo así la circulación vertical del flujo de aire.

Figura 49. Proceso de inversión térmica.

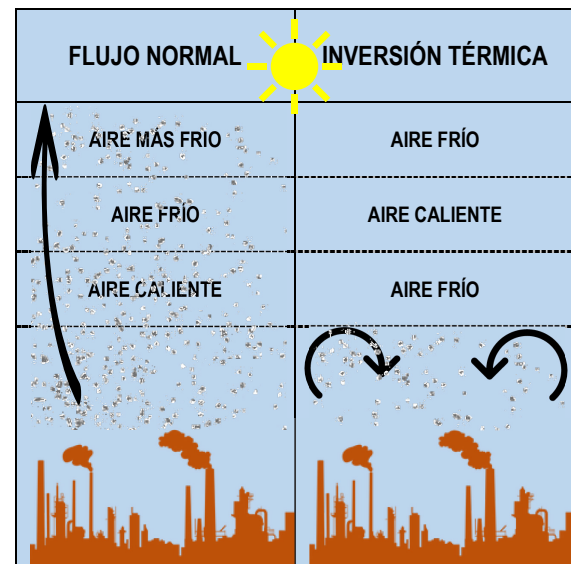


Figura 50. Calendario de contaminación para las estaciones de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM10) durante el año 2016.

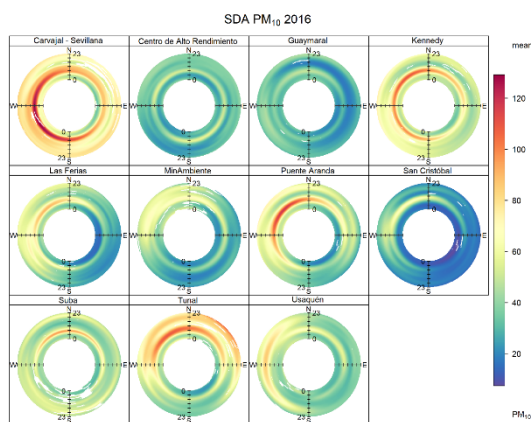


Las estaciones de monitoreo que registran las mayores concentraciones durante el periodo enero a marzo, corresponden a Carvajal – Sevillana, Kennedy y Puente Aranda, las cuales recibieron alta influencia de material particulado, asociado predominantemente a vientos provenientes del sur y el suroeste.

También es posible apreciar que los meses de junio y julio, fueron los que registraron los menores niveles de material particulado, coincidente con la influencia regional de los vientos alisios.

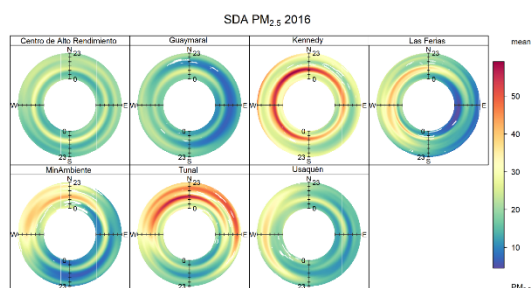
Por otra parte, las figuras 51, 52 y 53, presentan los diagramas polares anulares, obtenidos para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron las variables Dirección del Viento, PM₁₀, PM_{2.5} y O₃, y cuyas series cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75%.

Figura 51. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM₁₀



En lo que respecta a los diagramas polares anulares, obtenidos para PM₁₀ y PM_{2.5}, se aprecia la influencia de los horarios de mayor tráfico vehicular sobre los resultados obtenidos en la mayoría de estaciones de monitoreo, siendo muy notoria en las estaciones de monitoreo Kennedy, Tunal, Carvajal – Sevillana y Las Ferias.

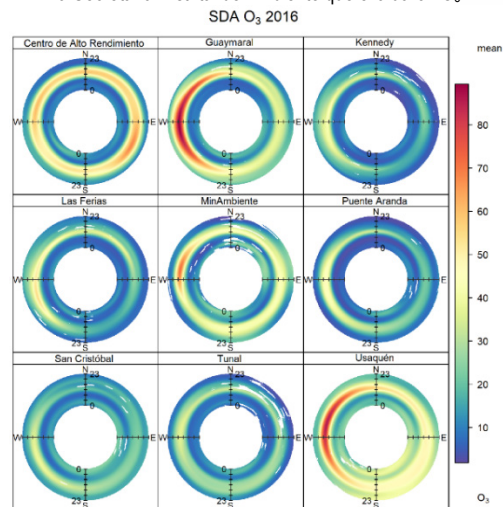
Figura 52. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM_{2.5}



Estas estaciones de monitoreo, registran altas concentraciones de partículas en los horarios de 7:00 am a 9:00 am, que son coincidentes con la hora pico, y en las cuales se presenta la mayor cantidad de vehículos circulando a lo largo y ancho de la ciudad.

Por otra parte, el diagrama polar anular, permite observar que, en este horario, la estación Kennedy recibe las mayores concentraciones provenientes de la dirección noroeste, y en menor medida recibe aportes de las emisiones provenientes de las direcciones norte y suroeste. Entre tanto, la estación Tunal, capta en este horario concentraciones provenientes de la dirección norte, noroeste y noreste.

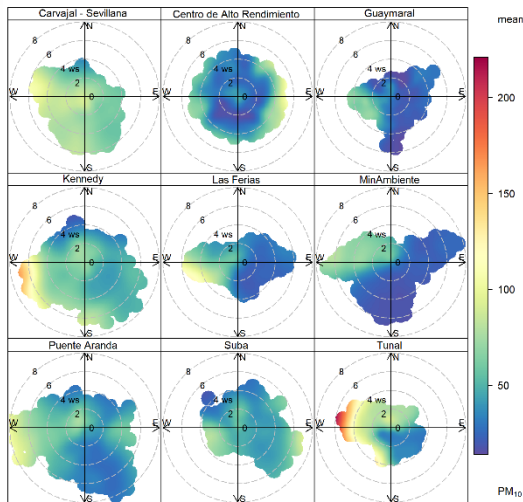
Figura 53. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron O₃



En cuanto al diagrama polar anular, correspondiente al contaminante ozono, las concentraciones obtenidas en jurisdicción de las estaciones administradas por la Secretaría Distrital de Ambiente, revelan que las mayores concentraciones se registran hacia medio día, y que las estaciones de monitoreo con mayor afectación en este horario corresponden a las localizadas en zonas con poca actividad industrial, alta presencia de áreas verdes o zonas periurbanas. Lo anterior se explica, porque en el centro de la ciudad, en las zonas con alto tráfico vehicular o actividad industrial se presentan altas emisiones de óxidos de nitrógeno que participan en procesos de destrucción del ozono, manteniendo de esta forma niveles relativamente bajos.

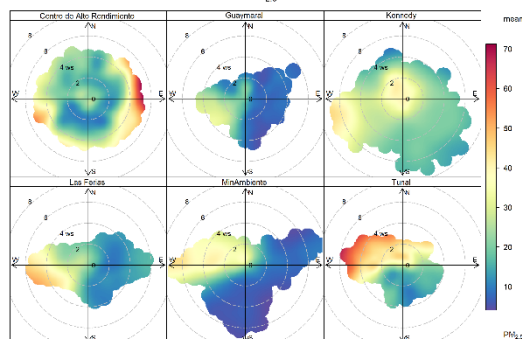
Por último, se presentan los diagramas polares, los cuales para el presente análisis servirán de complemento a los diagramas polares anulares, debido a que permitirán apreciar las velocidades del viento con las cuales se transportan los contaminantes en las áreas circundantes a las estaciones de monitoreo.

Figura 54. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM₁₀ SDA PM₁₀ 2016



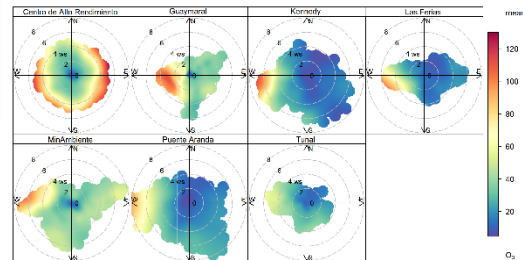
Los diagramas polares obtenidos para material particulado menor a 10 micras y menor a 2.5 micras, revelan que en el caso de la estación Tunal, las mayores concentraciones de estos contaminantes se presentan con velocidades del viento que oscilan entre 5 m/s y 6 m/s, que provienen del oeste. Por su parte, los vientos que llegan a la estación de monitoreo Centro de Alto Rendimiento con las mayores concentraciones de este contaminante, provienen del Este, en velocidades que se encuentran entre 4 m/s y 6 m/s.

Figura 55. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron PM_{2.5} SDA PM_{2.5} 2016



En lo que respecta al contaminante ozono, los diagramas polares revelan la gran influencia de los vientos provenientes del oeste, sobre las concentraciones registradas en cada estación, presentándose los mayores niveles de este contaminante en las velocidades que oscilan entre 6 m/s y 8 m/s. Un caso particular, corresponde a la estación Centro de Alto Rendimiento, la cual recibe aportes similares de concentraciones provenientes del este y del oeste, con vientos que oscilan entre 4 m/s y 5 m/s.

Figura 56. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo de la Secretaría Distrital de Ambiente que evaluaron O₃ SDA O₃ 2016



6.2 Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)

Los calendarios de contaminación obtenidos para las estaciones de monitoreo Medellín - Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Bello – Universidad San Buenaventura y e Institución Educativa Colegio Girardota, presentados en la figura 57, muestran los altos niveles de material particulado menor a 10 micras registrados durante el mes de marzo, los cuales llevaron a la Autoridad Ambiental a realizar la declaratoria de un episodio de contaminación atmosférica para toda la jurisdicción de Valle de Aburrá.

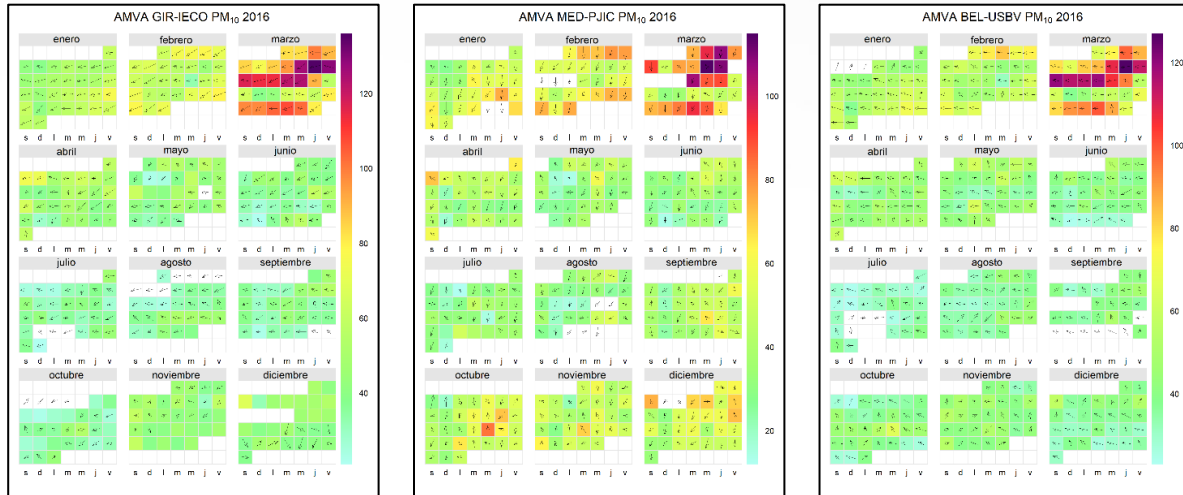
Este episodio fue ocasionado por un proceso de inversión térmica, que derivó a que se presentarían nubes de baja altitud, que impidieron la dispersión de los diferentes contaminantes generados en el valle.

Durante dicho periodo, la Autoridad Ambiental puso en operación el Plan Operacional para enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica (POECA), dando de este modo respuesta inmediata a esta contingencia, en la cual se adoptaron medidas enfocadas al control de las emisiones con el fin de disminuir las concentraciones de los diferentes contaminantes atmosféricos.

De igual manera, y con el objetivo de evitar que este tipo de episodios en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la Autoridad Ambiental expidió una serie de resoluciones que hacen parte del Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire, aumentando de este modo las medidas de control y vigilancia, y reconociendo la corresponsabilidad con otros sectores, los cuales deben participar activamente en la prevención del problema.

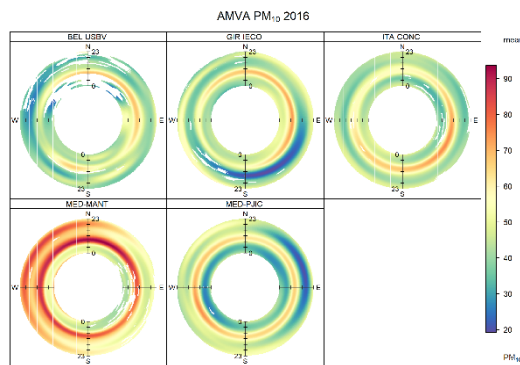
Por su parte, los diagramas polares anulares obtenidos para PM₁₀ y PM_{2.5} en esta jurisdicción, señalan que el periodo del día más crítico, corresponde a la hora pico de la mañana, la cual se presenta entre las 7:00 am y las 9:30 am, con vientos que provienen mayoritariamente de la dirección este.

Figura 57. Calendario de contaminación para las estaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM10) durante el año 2016.



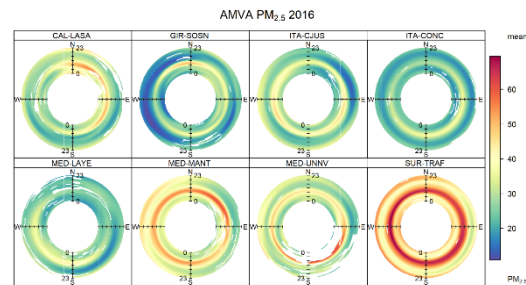
Lo anterior es correspondiente con los calendarios de contaminación, en los cuales se aprecia claramente que las estaciones de monitoreo Institución Educativa Colegio Girardota y en la estación Bello – Universidad San Buenaventura, presentan un comportamiento donde los contaminantes atmosféricos captados provienen de la dirección este.

Figura 58. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM10.



Con respecto a las estaciones de monitoreo, Sur Tráfico y Medellín – Museo de Antioquia, se observan dos picos de concentración de PM10 y PM2.5; el primero se presenta entre las 7:00 y las 9:00 horas cuando el tránsito de buses, busetas y vehículos livianos es mayor, mientras que el segundo se registra entre las 21:00 y las 00:00 horas, cuando disminuye el tráfico de vehículos livianos, pero aumenta la circulación de vehículos pesados.

Figura 59. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM2.5.



Con respecto al Ozono, las estaciones de monitoreo Caldas – Corporación Lasallista, Itagüí – Colegio El Concejo y Universidad de Medellín, registraron las mayores concentraciones de este contaminante entre las 10:30 y las 15:00 horas, donde la radiación solar es mayor y la formación de este contaminante se ve favorecida debido a que las estaciones de monitoreo se encuentran cercanas a áreas verdes, alejadas de fuentes de emisión o localizadas en áreas periurbanas.

Figura 60. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron O3.

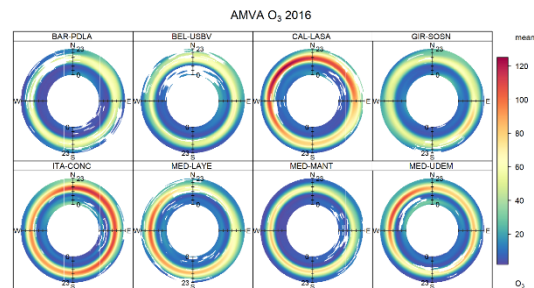
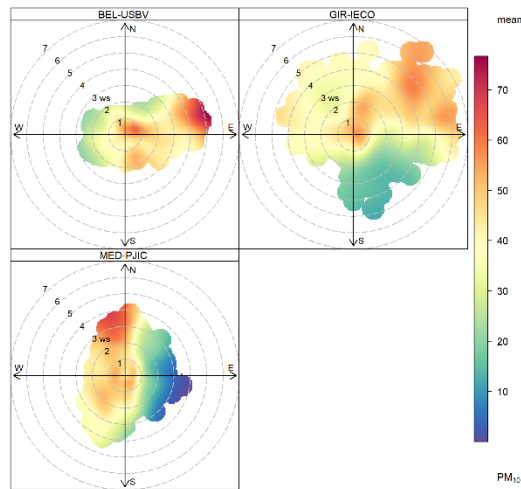


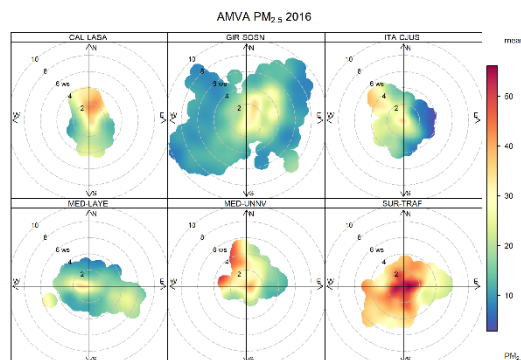
Figura 61. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM₁₀ AMVA PM₁₀ 2016



Los diagramas polares revelan que la estación de monitoreo Sur – Tráfico, recibe altas concentraciones material particulado incluso en periodos de calma, y que, al estar en cercanía a vías de gran relevancia como la Autopista Regional y la Autopista Sur, recibe aportes de este contaminante desde todos los puntos cardinales.

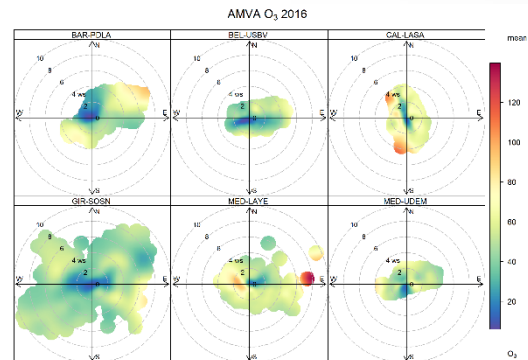
En relación a la Estación Medellín – Politécnico Jaime Isaza Cadavid, la figura 61, permite apreciar que los mayores aportes a la concentración detectada en esta estación, provienen de las dirección norte y noroeste, con velocidades que oscilan entre los 2 m/s y 4 m/s. Por su parte, la estación Bello – Universidad San Buenaventura captó niveles de PM₁₀, que en su mayoría provienen de la dirección este, con velocidades del viento que oscilaron entre 4 m/s y 6 m/s

Figura 62. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron PM_{2.5}



Por su parte, el diagrama polar obtenido para el contaminante Ozono, en el área de jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, indican que la estación de monitoreo Girardota - S.O.S Aburrá Norte, registra concentraciones de este contaminante, que provienen en proporciones relativamente equivalentes, de las direcciones este y oeste, con velocidades entre los 4 m/s y los 10 m/s.

Figura 63. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá que evaluaron O₃



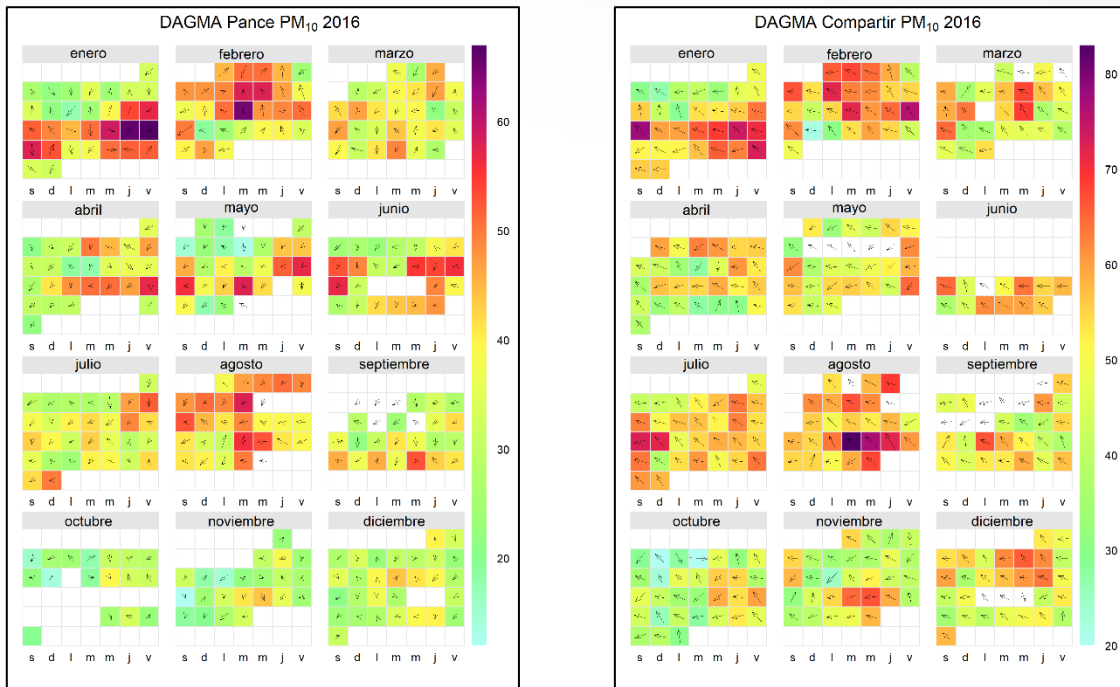
6.3 Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA)

Los calendarios de contaminación obtenidos en la jurisdicción del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de la ciudad de Santiago de Cali, para el año 2016, muestran que los días con mayores concentraciones de material particulado menor a 10 micras, se encuentran en los meses de enero, febrero y agosto. Sin embargo, las concentraciones no superan en ninguno de los casos, el nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010 para un tiempo de exposición diario a este contaminante.

Geomorfológicamente, Santiago de Cali se encuentra localizada en un valle que favorece la dispersión de los contaminantes, por lo cual es difícil que se presenten excedencias en los niveles máximos diarios.

En los calendarios de contaminación se aprecia la predominancia de los vientos en dirección oeste, para el caso de la estación Compartir, mientras que, la estación de monitoreo Pance, registro concentraciones en su mayoría provenientes de las direcciones norte, noreste y noroeste.

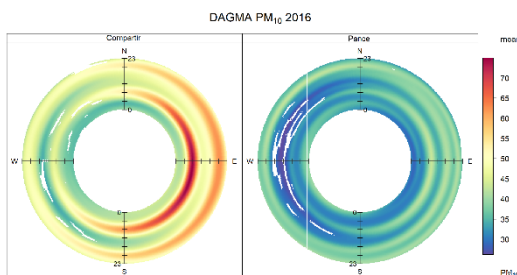
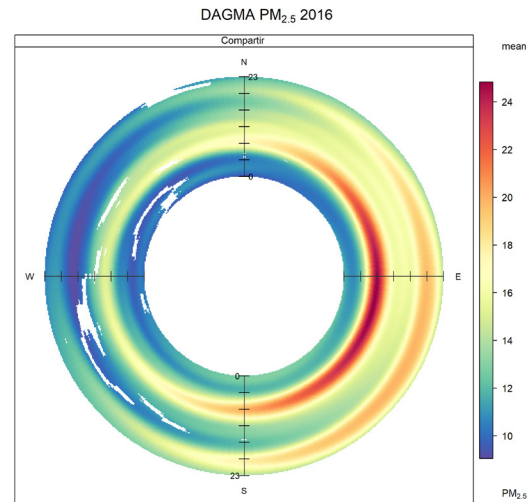
Figura 64. Calendario de contaminación para las estaciones del DAGMA que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM10) durante el año 2016.



En cuanto al diagrama polar anular obtenido para la estación de monitoreo Compartir, las concentraciones de material particulado aumentan en los horarios correspondientes a las horas de máxima circulación vehicular, y en el caso particular de esta estación provienen de las direcciones cardinales este, noreste y sureste.

Figura 66. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM_{2.5}

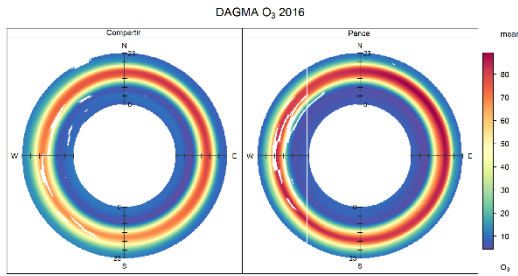
Figura 65. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM₁₀.



En cuanto a la estación de monitoreo Pance, se aprecia que las concentraciones obtenidas son bajas, y que su origen se distribuye desde todos los puntos cardinales. Los horarios con mayores niveles corresponden a la hora pico, y se aprecia una notable influencia de otras fuentes de emisión en horas de la tarde (16:00 – 18:00) y de la noche (22:00 – 00:00).

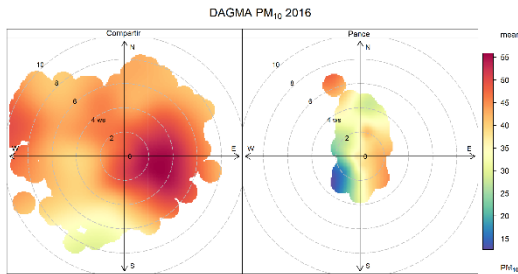
Los diagramas obtenidos para el contaminante Ozono en esta jurisdicción, revelan la existencia de altas concentraciones, características de puntos rurales (estación Pance) o Periurbanos (Estación Compartir). Los horarios con mayores niveles de este contaminante, corresponden con las horas donde mayor radiación solar se presenta (10:00 – 14:00).

Figura 67. Diagrama polar anular, para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron O₃.



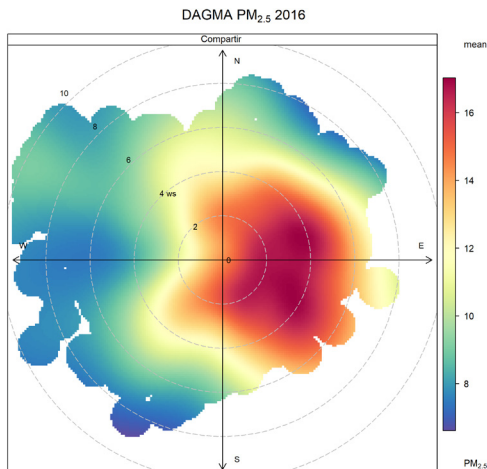
En cuanto al diagrama polar obtenido en la estación Compartir (Figuras 68 y 69), la contaminación por partículas proviene principalmente de la dirección sureste, con velocidades del viento que oscilan entre los 0 m/s y los 4 m/s.

Figura 68. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM₁₀.



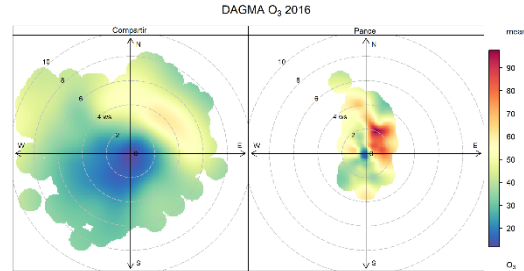
Por su parte la estación Pance, presenta un comportamiento típico de una estación de fondo, en la cual las concentraciones que registra son bajas. Sin embargo, los puntos desde donde provienen, las mayores concentraciones se encuentran localizados en dirección noroeste y noreste.

Figura 69. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron PM_{2.5}.



Con respecto al Ozono, la estación Pance registra concentraciones altas de este contaminante, inclusive a bajas velocidades del viento y su formación se presenta en su mayoría con vientos provenientes del noreste.

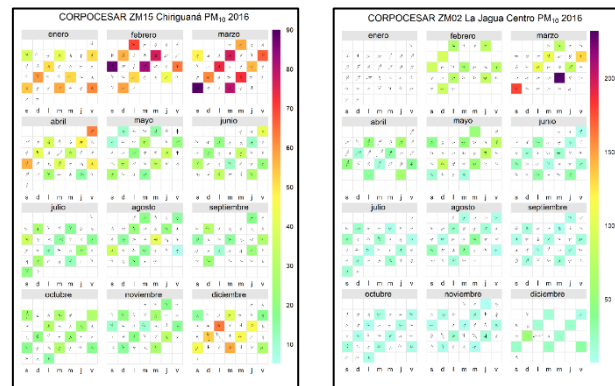
Figura 70. Diagrama polar para las estaciones de monitoreo del DAGMA que evaluaron O₃



6.4 Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR).

Los calendarios de contaminación de material particulado menor a 10 micras, obtenidos para las estaciones de monitoreo ZM15 – Chiriguana y ZM02 – La Jagua Centro, muestran que las más altas concentraciones de este contaminante, se presentan en los meses de febrero y marzo, lo cual coincide con la época pluviométrica seca, donde se presentan gran cantidad de incendios forestales y el polvo proveniente de las vías y de la zona carbonífera, es más susceptible a resuspenderse.

Figura 71. Calendario de contaminación para las estaciones de CORPOCESAR que evaluaron Material Particulado Menor a 10 micras (PM₁₀) durante el año 2016.





Capítulo VII
ANÁLISIS DE PROSPECTIVAS

ANÁLISIS DE PROSPECTIVAS

El 01 de noviembre de 2017, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, realizó la adopción de la nueva norma de calidad del aire ambiente, la cual fija nuevos niveles regulatorios para los contaminantes criterio y tóxicos, los cuales empezarán a regir en todo el territorio nacional a partir del 01 de enero de 2018. Entre los aspectos más relevantes de esta norma se encuentran:

- Obliga a los Sistemas de Vigilancia de calidad del aire a realizar la medición de PM_{2.5}.
- Redefine la metodología de cálculo para la declaración de niveles de prevención, alerta y emergencia.
- Ajusta los puntos de corte del Índice de Calidad del Aire (ICA) y lo posiciona a norma de calidad del aire.
- Ajusta la metodología para la clasificación de áreas fuente de contaminación.
- Obliga al monitoreo de contaminantes tóxicos del aire (Mercurio, Tolueno, Benceno, Cadmio, Níquel y HAP's)
- Plantea una estrategia de comunicaciones integral e incluyente, para la temática de calidad del aire por parte de las Autoridades Ambientales.
- Establece niveles máximos a largo plazo (2030) siendo correspondiente con las recomendaciones promulgadas por la Organización Mundial de la Salud, las metas fijadas en el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible a 2030.

Los niveles máximos que regirán a partir del 01 de enero de 2018, y los que serán de obligatorio cumplimiento a partir del 2030, responden a la necesidad de proteger más vidas, y reducir los indicadores de morbilidad y mortalidad asociada. Por tal motivo, la nueva normativa acoge las recomendaciones dada por la Organización Mundial de la Salud, y establece niveles más estrictos avanzando, en el caso de las partículas del OMS – Objetivo Intermedio 2 a OMS – Objetivo Intermedio 3. En el caso de los gases, se adopta en la mayoría de los casos, los niveles guía, tal como se observa en la tabla 8.

Con base en los ajustes realizados por la nueva normativa, el presente capítulo realiza un análisis en prospectiva de las concentraciones de los contaminantes en las diferentes estaciones de monitoreo, que cumplieron con el criterio de representatividad temporal, durante el año 2016, frente a los niveles máximos permisibles regulados por la Resolución 2254 de 2017 para el año 2030, con el

propósito de evidenciar el arduo trabajo intersectorial y el compromiso y esfuerzo que los diferentes gobiernos locales y regionales, entidades, universidades, sectores productivos, institutos de investigación y la ciudadanía en general, deberán adelantar para lograr la implementación de los niveles objetivo, y reducir de este modo las concentraciones de los contaminantes atmosféricos que actualmente se presentan en el país.

Tabla 8. Comparación de los niveles normativos establecidos en las Resoluciones 610 de 2010 y 2254 de 2017, frente a las recomendaciones realizadas por la OMS.

| Valores anuales – Exposición prolongada | | | | | | |
|---|------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|
| Contaminante | Res. 610 de 2010 | OMS Objetivo Intermedio – 2 | Res. 2254 de 2017 a 2018 | OMS Objetivo Intermedio – 3 | Res. 2254 de 2017 a 2030 | Valor Guía OMS |
| PST | 100 | - | - | - | - | - |
| PM ₁₀ | 50 | 50 | 50 | 30 | 30 | 20 |
| PM _{2.5} | 25 | 25 | 25 | 15 | 15 | 10 |
| SO ₂ | 80 | - | - | - | - | - |
| NO ₂ | 100 | - | 60 | - | 40 | 40 |
| Valores diarios – Exposición de corta duración – 24 horas | | | | | | |
| PM ₁₀ | 100 | 100 | 75 | 75 | 75 | 50 |
| PM _{2.5} | 50 | 50 | 37 | 37,5 | 37 | 25 |
| SO ₂ | 250 | 50 | 50 | - | 20 | 20 |
| NO ₂ | 150 | - | - | - | - | - |
| Valores octohorarios – Exposición de corta duración – 8 horas | | | | | | |
| O ₃ | 80 | - | 100 | - | 100 | 100 |
| CO | 10000 | - | 5000 | - | 5000 | - |

Los contaminantes incluidos en el presente análisis corresponden a Material Particulado Menor a 10 micras (PM₁₀), Material Particulado Menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), los cuales, a partir de la expedición de la nueva resolución, cuentan con nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual.

7.1 Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀)

Durante el año 2016, 14 de las 52 estaciones de monitoreo que evaluaron este contaminante, y cuya representatividad temporal fue superior al 75%, superaron el nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010.

Si las mismas concentraciones, obtenidas por estación de monitoreo, se compararán con el nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución 2254 de 2017, para el año 2030, únicamente 2 de las 52 estaciones de monitoreo cumplirían la norma.

Lo anterior toma relevancia, cuando se observa que las estaciones de monitoreo localizadas en Ibagué y Cali, que generalmente han reportado cumplimiento, deben empezar a generar planes de acción y a generar estrategias, con el fin de controlar las emisiones existentes, y reducir las concentraciones actuales con el fin de proteger la salud de población.

7.2 Material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5})

Las mediciones realizadas por los diferentes Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire durante el año 2016, indicaron que el 55,6% de las estaciones de monitoreo en el país cumplen con el nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución 610 de 2010 para este contaminante.

Por otra parte, si los niveles máximos permisibles establecidos como de obligatorio cumplimiento para el año 2030, empezaran a regir actualmente, ninguna de las estaciones de monitoreo que evalúan PM_{2.5}, reportaría cumplimiento al promedio anual.

7.3 Dióxido de Nitrógeno (NO₂).

Los resultados obtenidos por las estaciones de monitoreo durante el año 2016, revelaron que la máxima concentración obtenida a nivel nacional para este contaminante era inferior al 50% del nivel máximo permisible establecido por la Resolución 610 de 2010.

Sin embargo, y teniendo en cuenta el nivel máximo permisible establecido para el año 2030, se reportaría un sobrepaso a la norma en el Politécnico Jaime Isaza Cadavid del Valle de Aburrá, y las concentraciones obtenidas en las demás estaciones de monitoreo se ubicarían en el 80% del correspondiente límite normativo.

7.4 Programas de reducción de la contaminación del aire

El artículo 15 de la Resolución 2254 de 2017, establece lo siguiente: “En las zonas donde se excedan las normas de calidad, la autoridad ambiental competente, deberá elaborar un programa de reducción de la contaminación, identificando acciones y medidas que permitan reducir los niveles de concentración de los contaminantes a niveles por debajo de los máximos establecidos”.

Sin embargo, a partir del 01 de enero de 2018, la Resolución 2254 de 2017 empezará a regir con nuevos límites normativos, bajo los cuales, varias de las estaciones de monitoreo, ubicadas en diferentes ciudades y regiones del país reportarán cumplimiento de los niveles máximos permisibles vigentes, por lo cual es posible que en muchas zonas no se elaboren los correspondientes programas de reducción de la contaminación.

Bajo el análisis realizado en el presente capítulo, todas las regiones del país deberán elaborar e implementar un programa de reducción de la calidad del aire, con el

objetivo de cumplir con los niveles máximos permisibles establecidos como obligatorios a partir del año 2030.

Las medidas que deberán implementarse, en las ciudades y regiones del país deben involucrar a los representantes de la sociedad civil, a los sectores productivos, a las autoridades locales y regionales y todas las instituciones y entidades que tengan relación con el tema, por lo cual deberá avanzarse en los temas de gobernanza y apropiación de la problemática por parte de la ciudadanía.

El mismo artículo 15 de la Resolución 2254 de 2017, establece una serie de recomendaciones sobre las medidas a implementar, dependiendo el análisis local y específico que se realice de la problemática de calidad del aire. Entre estas medidas se encuentran:

- Renovación del parque automotor, priorizando la incorporación de tecnologías de cero y bajas emisiones.
- Reforzamiento de los programas de seguimiento al cumplimiento de la normativa para fuentes fijas y móviles.
- Mejoramiento de la infraestructura de monitoreo de los contaminantes del aire (inmisión – emisión).
- Adopción de planes de movilidad.
- Definición de Programas de estímulos para el uso y la adquisición de vehículos eléctricos.
- Definición de Programas de mantenimiento preventivo vehicular.
- Mejoramiento o implementación de sistemas de control de emisiones en proyectos, obras o actividades.
- Control de la resuspensión de partículas.
- Incorporación de tecnologías más limpias en las industrias.
- Mantenimiento y mejoramiento de vías.
- Definición de Programas de mejoramiento del espacio público.
- Integración de políticas de desarrollo urbano, transporte y calidad del aire.
- Establecimiento de directrices y determinantes ambientales para la planeación del territorio, teniendo en cuenta el comportamiento y dispersión de los contaminantes del aire.
- Fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico.
- Prevención a la población respecto a la exposición a niveles altos de contaminación.
- Cobertura y reforestación de áreas afectadas por la erosión.
- Ampliación en cobertura de áreas verdes.
- Áreas de fiscalización y vigilancia.
- Las demás que la Autoridad Ambiental considere pertinentes.

Figura 72. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 10 micras (PM₁₀) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%, frente a los nuevos niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017.

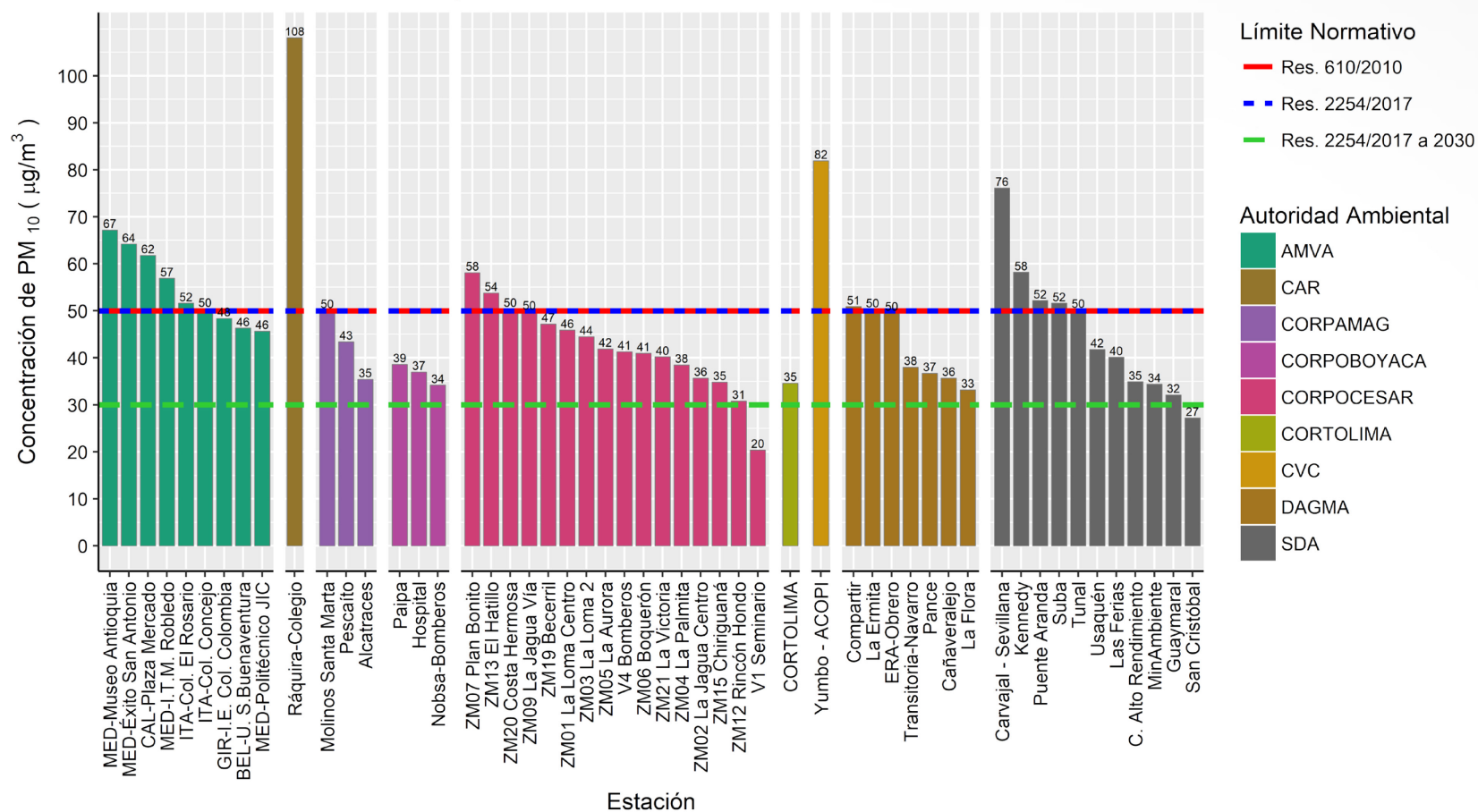


Figura 73. Concentraciones promedio anuales de Partículas Menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%, frente a los nuevos niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017.

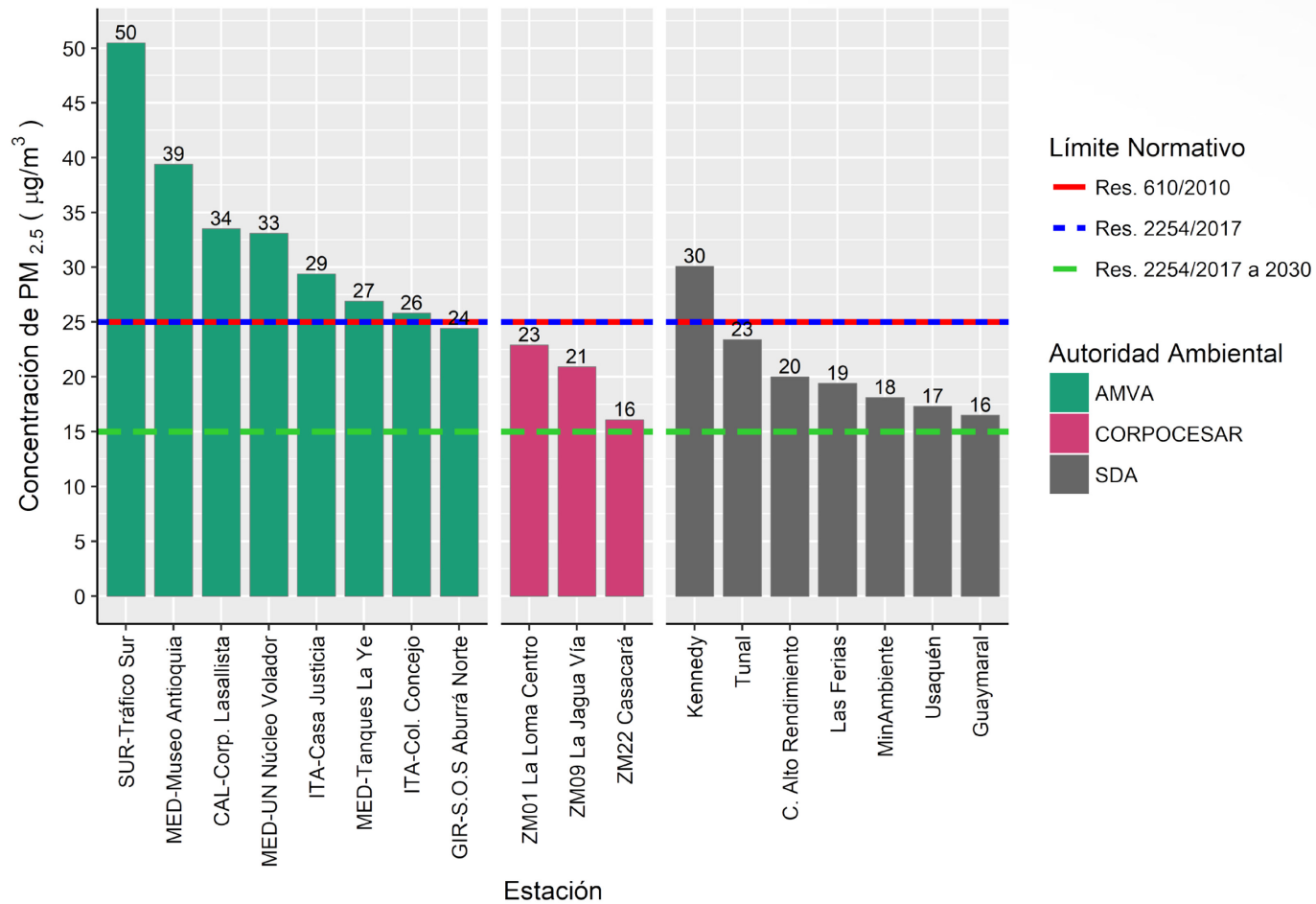
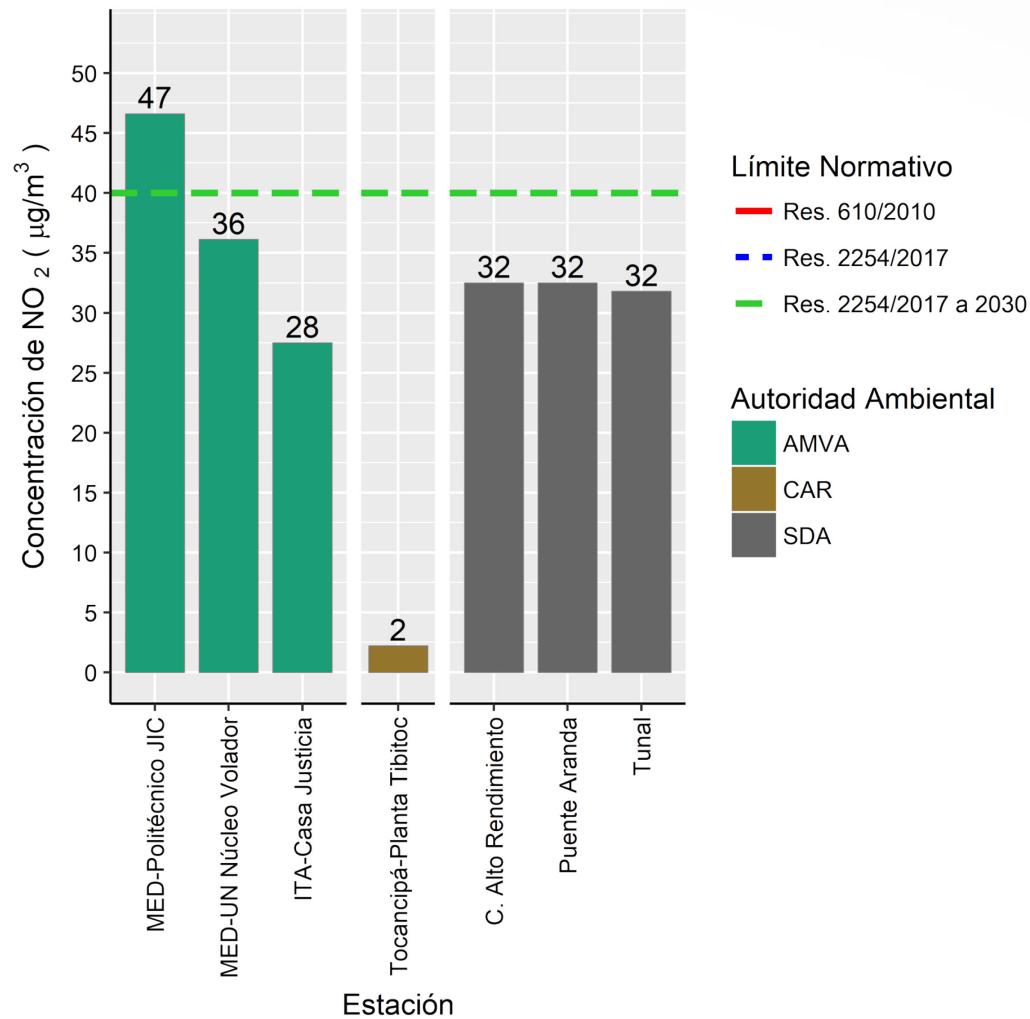


Figura 74. Concentraciones promedio anuales de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en 2016 para las estaciones de los SVCA de Colombia que presentaron una representatividad temporal igual o superior a 75%, frente a los nuevos niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017.





Capítulo VIII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el año 2016, operaron a nivel nacional 23 Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire, los cuales contaron con 159 estaciones de monitoreo, siendo 142 fijas y 17 indicativas. Los contaminantes evaluados fueron los establecidos como criterio por la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuales corresponden a: Partículas Suspendidas Totales (PST), Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀), Material Particulado menor a 2,5 micras (PM_{2.5}), Ozono (O₃), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Azufre (SO₂).

La cobertura espacial de las estaciones de monitoreo abarcó 72 municipios y 19 departamentos. Sin embargo, existen 52 áreas a nivel nacional, que cumplen con los criterios establecidos por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, y aún no cuentan con medición en su jurisdicción, siendo las más relevantes las correspondientes a los municipios de Soledad, Villavicencio, Buenaventura, Sincelejo, Riohacha, Tuluá, Tunja, Barrancabermeja, Girón, Apartadó y Florencia.

De igual manera, siete de las veintitrés jurisdicciones que monitorearon durante el año 2016, no cuentan con el número suficiente de estaciones en su Sistema de Vigilancia correspondiendo estos municipios a Montería, Ibagué, Popayán, Armenia, Pasto, Envigado y Soacha.

Las Autoridades Ambientales durante los últimos cinco años han venido implementando y renovando sus Sistemas de Vigilancia con tecnología automática para realizar la evaluación y seguimiento de los contaminantes atmosféricos, en detrimento de los equipos con tecnología manual. Lo anterior mejora la confiabilidad, temporalidad y oportunidad de las mediciones, permitiendo a la Autoridad Ambiental adoptar medidas de control precisas e informar a la comunidad en tiempos adecuados sobre los riesgos de determinados niveles de contaminación.

La base de datos fue consolidada a partir de los reportes realizados por cada Sistema de Vigilancia, en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE. La validación final, se realizó a través de un proceso conjunto y constructivo con cada Autoridad Ambiental, la cual permitió solucionar potenciales inconsistencias en los datos. Sin embargo, y a pesar de la gestión realizada únicamente 68 de las 142 estaciones fijas que funcionaron el país, cumplieron con el criterio de representatividad temporal superior al 75% en al menos uno de los parámetros evaluados, lo cual devela la necesidad de fortalecer presupuestal, operativa y

técnicamente los grupos encargados de la operación de los Sistemas de Vigilancia.

En cuanto a las tendencias de los contaminantes analizados, los que presentaron mayor preocupación fueron en su orden el PM_{2.5} y el PM₁₀. En varias estaciones de monitoreo sus concentraciones excedieron los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010; adicionalmente, los resultados del cálculo del Índice de Calidad del Aire evidenciaron que representan los mayores riesgos de afectación a la salud de la población. Estas observaciones se destacan especialmente en los grandes centros urbanos de Bogotá, y el Valle de Aburrá, así como en los municipios de Ráquira (Boyacá) y Yumbo (Valle del Cauca).

Las concentraciones más altas de PM_{2.5} fueron observadas en las estaciones del Valle de Aburrá, la ciudad de Bogotá, específicamente en la estación de monitoreo Kennedy; en cuanto al número de días que exceden el límite diario, las estaciones de estas jurisdicciones también se destacan por tener los valores más altos. Las tendencias anuales indican la mejoría de las concentraciones de este contaminante en algunas estaciones de monitoreo. Sin embargo, y debido a los resultados, es necesario continuar ampliando el monitoreo de este contaminante en el país, enfocándose en los municipios y ciudades que no han realizado mediciones para este tamaño de partículas.

El PM₁₀ es el contaminante más monitoreado en el país, presentando excedencias al nivel máximo permisible anual en 14 estaciones de monitoreo, siendo los puntos más críticos los correspondientes a: Ráquira – Colegio (CAR), Yumbo – ACOPI (CVC), Carvajal – Sevillana y Kennedy (SDA) y Medellín – Museo de Antioquia, Medellín – Éxito San Antonio, Caldas – Plaza de Mercado COPERPLAZA (AMVA). No obstante, varias estaciones de monitoreo reportaron mejoría en las concentraciones, presentándose las reducciones más significativas en las zonas en jurisdicción de CORPOCESAR y CORPAMAG.

En cuanto a las Partículas Suspendidas Totales (PST), la única excedencia al nivel máximo permisible anual, se presentó en la estación de monitoreo ZM09 – La Jagua Vía, localizada en jurisdicción de CORPOCESAR; sin embargo, el 70% de las estaciones de monitoreo operadas por esta corporación reportaron menores concentraciones de este contaminante durante el año 2016.

El Dióxido de Nitrógeno (NO₂) reportó concentraciones que se encontraron por debajo del 50% del nivel máximo permisible anual, siendo la estación Medellín – Politécnico Jaime Izasa Cadavid la que registra las mayores

concentraciones de este contaminante ($47 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a nivel nacional. Lo anterior demuestra el bajo potencial de afectación que sobre la salud de la población colombiana tiene este contaminante criterio.

Con respecto al Dióxido de Azufre (SO_2), las concentraciones detectadas a nivel nacional durante el año 2016, se encontraron en concentraciones inferiores a los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010, registrándose las cantidades más altas en la estación de monitoreo Girardota - S.O.S Aburrá Norte, localizada en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. No obstante, en ningún momento los niveles detectados superaron el 25% del nivel máximo permisible anual, razón por la cual el potencial de afectación sobre la salud de la población a nivel nacional, es bajo.

En cinco estaciones de monitoreo se presentaron más de 100 días con excedencia a los niveles máximos permisibles octohorarios establecidos por la Resolución 610 de 2010 para el contaminante ozono (O_3), siendo la jurisdicción del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, la que mayor afectación registro.

Durante el año 2016, ninguna de las concentraciones obtenidas para el contaminante Monóxido de Carbono (CO), a nivel nacional excede los niveles máximos permisibles horario y octohorario, establecidos por la Resolución 610 de 2010. A nivel nacional, las máximas concentraciones para un tiempo de exposición de 8 horas, se obtuvieron en la estación de monitoreo Politécnico Jaime Izasa Cadavid, localizada en la ciudad de Medellín, en donde se alcanzaron $4900 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que es inferior al 50% del límite normativo.

La evaluación del Índice de Calidad del Aire (ICA), reveló la frecuencia con la cual se vienen presentando concentraciones Dañinas a la Salud y Dañinas a la Salud de Grupos Sensibles, siendo los contaminantes Partículas Menores a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$) y Partículas Menores a 10 Micras (PM_{10}), los que mayor potencial de afectación vienen registrando a nivel nacional. Situación contraria se presenta con las concentraciones obtenidas a nivel nacional para los contaminantes Dióxido de Azufre y Ozono, donde el cálculo del ICA señala que en más del 98% de los casos analizados, se ubican en categoría Buena, por lo cual sus los potenciales efectos en la salud de la población son mínimos.

En cuanto a la evaluación del indicador “Porcentaje de estaciones de calidad del aire, reportando cumplimiento de la norma de calidad del aire del país” planteado por la Política de Prevención y Control de la Contaminación del

Aire, se obtuvo que el 65,6% de las estaciones cumple con los niveles de inmisión regulados por la Resolución 610 de 2010. En cuanto a la evaluación de este indicador por contaminante, el 55,6% y el 73,1% de las estaciones de monitoreo que evaluaron $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} reportaron cumplimiento de los niveles máximos anuales establecidos por la normatividad nacional para estos contaminantes.

En las jurisdicciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y de la Secretaría Distrital de Ambiente, se presentan durante diversas épocas del año, procesos de inversión térmica, los cuales afectan la adecuada dispersión de los contaminantes y ocasionan concentraciones altas de sustancias, con efectos potencialmente dañinos sobre la salud de las personas y el ambiente.

El análisis de prospectivas señala que la sociedad colombiana en general, y las diferentes entidades gubernamentales deben plantearse acciones, medidas y estrategias que permitan reducir las concentraciones de contaminantes en el ambiente, con el fin de cumplir con los niveles de inmisión que regirán a partir del año 2030, según los lineamientos establecidos por la Resolución 2254 de 2017.

REFERENCIAS

Carslaw, D. C. (2015). *The openair manual - open source tools for analysing air pollution data. Manual for version 1.1-4*. King's College London.

Carslaw, D. C., & Ropkins, K. (2012). openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software, Volume 27-28*, 52-61.

IDEAM. (2012). *Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010*. Bogotá, D.C.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire*. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire*. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (24 de marzo de 2010). Resolución 610 de 2010. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (29 de marzo de 2010). Resolución 651 de 2010. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Resolución Número 610. 24 de marzo de 2010*. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: <https://www.minambiente.gov.co/>

Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_S_DE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Impacto del medio ambiente en la salud*. Obtenido de Salud ambiental: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/PH-E-prevention-diseases-infographic-ES.pdf?ua=1

Presidencia de la República. (22 de 12 de 1993). Ley 99 de 1993. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Imprenta Nacional.

Presidencia de la República. (5 de junio de 1995). Decreto 948 de 1995. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Imprenta Nacional.

R Core Team. (2016). *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria. Obtenido de <https://www.R-project.org/>

Samoli, E., Peng, R., Ramsay, T., Pipikou, M., Touloumi, G., Dominici, F., & Katsouyanni, K. (2008). Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study. *Environmental health perspectives*, 116(11), 1480.

USEPA. (15 de septiembre de 2015). *Fine Particle (PM2.5) Designations*. Obtenido de EPA - United States Environmental Protection Agency: <http://www3.epa.gov/airquality/particulatepollution/designations/index.htm>

USEPA. (2015). *What Are the Six Common Air Pollutants?* Obtenido de United States Environmental Protection Agency: <http://www3.epa.gov/airquality/urbanair/>

WHO - Regional Office for Europe. (2006). *Air Quality Guidelines. Global Update 2005*. Copenhagen.

WHO. (2006). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Obtenido de Air pollution: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_S_DE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

Wickham, H. (2009). *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. New York: Springer.

World Health Organization - Regional Office for Europe. (2011). *Exposure to air pollution (particulate matter) in outdoor air. Fact sheet 3.3*. Obtenido de http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/ENHIS_Factsheet_3.3_July_2011.pdf

World Health Organization. (2013). *Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.

